

# CEMENT

AND

## CEMENT MANUFACTURE

THE INTERNATIONAL FOUR-LANGUAGE CEMENT JOURNAL

MANAGING EDITOR: H. L. CHILDE. CONSULTING TECHNICAL EDITOR: S. G. S. PANISSET.

### ENGLISH SECTION

PUBLISHED BY CONCRETE PUBLICATIONS LIMITED,  
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ENGLAND.  
Published on the 20th of each Month. Price 2s. a copy. Annual Subscription 24s. post free.

PARTIE FRANCAISE .. .. ..	PAGE 559
DEUTSCHER TEIL .. .. ..	SEITE 585
SECCIÓN ESPAÑOLA .. .. ..	PÁG 609

## Measuring and Recording Instruments for Rotary Kilns.—III.

By A. G. DAVIS, M.I.Mech.E., M.Inst.C.E.I., F.C.S.

(Works Managing Director, Associated Portland Cement Manufacturers, Ltd.)

### Optical Pyrometers.

The temperature of the material in the burning zone of a rotary kiln is about 1,500 deg. C., and that of the flame is even higher. It is therefore quite impossible to use instruments such as the pyrometer which necessitate contact with the material of which the temperature is to be measured. It is necessary to use an instrument which depends either on optical means or on the heat radiated from the material. When the temperature of a body is sufficiently high some of its energy is visible as light. This phenomenon has been used for centuries, and is still used in many industries for determining the temperature of a hot body. It may therefore be safely said that the human eye is the oldest pyrometer known. Unfortunately the optical method of measurement cannot be relied on where accuracy is of importance, as the eyes of two independent observers are rarely affected to the same extent. The eye which measures the degree of brightness is affected by the mass and the length of time it is focused on a hot body. The comparative brightness of the surrounding space will also cause an apparent difference in the brightness intensity. For the same reasons optical pyrometers which employ an absorbing medium between the hot body and the eye cannot give consistent and accurate results except when the observer has had long experience.

A simple form of optical pyrometer which may be classed with the last mentioned type has recently been developed and is illustrated in Fig. 32. It consists of a piece of glass about 6 in. in length, which is smoked in increasing

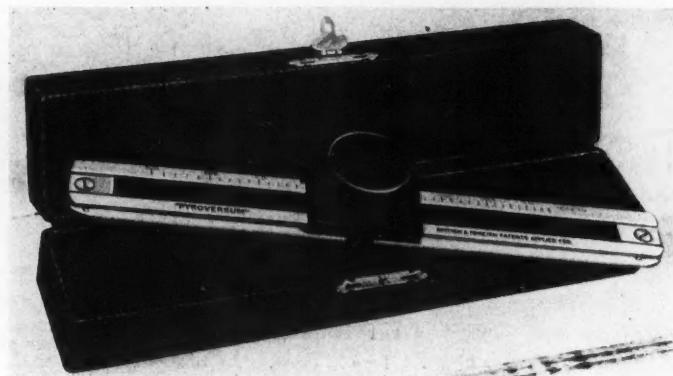


Fig. 32.

intensity from one side to the other and mounted in a frame along which an eye-piece can be moved. The pyrometer is calibrated against a standard candle by moving the eye-piece along the scale until a point is found where the image of the candle disappears entirely. This point corresponds to a definite and known temperature and is marked as a point for future reference. Before an observer can use the instrument he must compare his vision with that of the person who calibrated the pyrometer. This is done by reference to a standard candle, and observing the number of degrees the eye-piece has to be moved above or below the standard position to obtain complete elimination of the image of the candle. The observer may then direct the eye-piece towards the hot body it is desired to measure, and by moving the eye-piece across the smoked glass a point can be found where the hot body can no longer be seen. The apparent temperature is then read from the scale, and to this must be added or subtracted the difference between the standard calibration and the calibration of the actual observer.

Another form of optical pyrometer, Fig. 33, which gives very reliable results is one employing a wire filament heated by an electric current. The filament, which is specially "aged" so as to prevent its displaying, after prolonged use, fluctuations in brightness when a definite current is passing, is mounted in a tube fitted with an optical system whereby the hot body it is desired to measure can be focused at a point in the tube adjacent to the filament. The filament is in series with an ammeter and variable resistance. By varying the latter the temperature of the filament can be made to correspond with the focused hot body until there is no difference in the brightness. The change of resistance produces a change of current which is shown in degrees of temperature by the ammeter which has been previously calibrated. The eye is able to detect a very small difference in the brightness of the filament and hot body, and there is no difficulty in reading as small a difference as 5 deg. F. at 1,000 deg. F.

There are several types of pyrometers which depend for their operation on the heat radiated from a black body, but all these have an optical system which causes the radiated heat waves to be focused at a point. It is well known that the heat radiated from the sun can by means of a lens be so concentrated as to bring about combustion. In the same way in a radiation pyrometer the radiated heat is focused so as to act on a thermo-couple or other means of temperature measurement. This principle is employed in the Féry pyrometer, of which there are several forms.

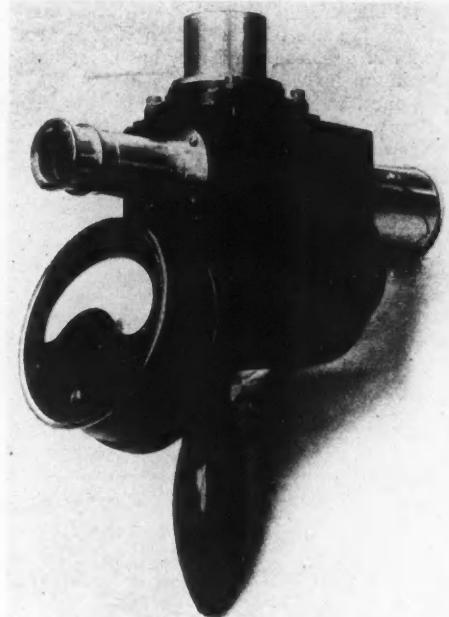


Fig. 33.



Fig. 34.

The earlier type of instrument (Fig. 34) is heavy and cumbersome, the optical system requiring the use of a tripod as it was necessary to focus the object. Improvements in construction have, however, been affected and it is now possible to obtain an instrument (shown in Fig. 35) which is portable, can be supported by one hand and does not require focusing provided certain simple instructions are carried out. Very accurate results are possible with this type of pyrometer provided the surface of the black body with which it is used completely fills the object glass of the optical system.

There is often considerable confusion as to what is termed a black body.



Fig. 35.

A true black body will not reflect any light from surrounding sources, but will absorb all the rays falling upon it. The inside of a furnace may be treated as a black body provided the aperture through which observation is made is small, as all the radiated heat must come from within the furnace. Where, however, an object can receive light from an external source, such as the sun, or it is not a true black body, radiant energy will be absorbed or reflected from its surface and the reading of the pyrometer will be incorrect. An object which under certain conditions may be a true black body may be changed by the formation of a film of oxide when exposed to the atmosphere. It will then be seen that under certain conditions great care is necessary in using this type of instrument. The burning zone of a rotary kiln may be taken as a true black body.

Another form of radiation pyrometer (Fig. 36) employs, instead of the thermo-couple, a bi-metal strip which is formed into a coil. By an optical system the radiant heat is focused on to the bi-metal coil, and due to the difference in expansion of the two metals from which it is made the coil tends to increase or decrease in diameter depending on the temperature of the object being measured. The movements of the coil are transmitted to a needle which moves over a scale. This instrument is fully compensated for changes in air temperature and for heat which may be radiated on to it. Its dimensions are about 8 in. long by 2½ in. diameter; it is therefore very convenient for carrying, and as no focusing or other adjustment is required, readings may be quickly obtained.

#### Weight of Fuel.

With few exceptions coal in pulverised form is used for producing the high temperature necessary for bringing about the chemical changes which take place in a rotary kiln. The exceptions are generally plants situated in

proximity to a cheap source of oil fuel. When oil fuel is used it is an easy matter to measure the quantity consumed as there are many forms of meters available, such as the rotary or displacement type. It is not proposed to deal

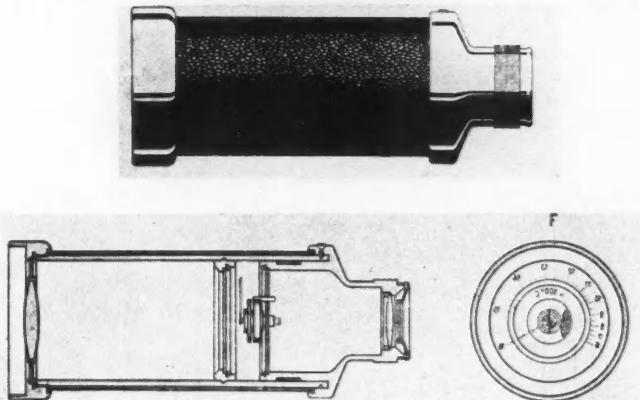


Fig. 36.

with these in detail, as the application of oil fuel is limited. Fig. 37 is a sectional view of a displacement type meter.

Where coal is used it is generally weighed or measured before it is converted to powdered fuel. With the introduction of unit pulverisers for firing rotary kilns it has become a relatively simple matter to determine the rate of feed by

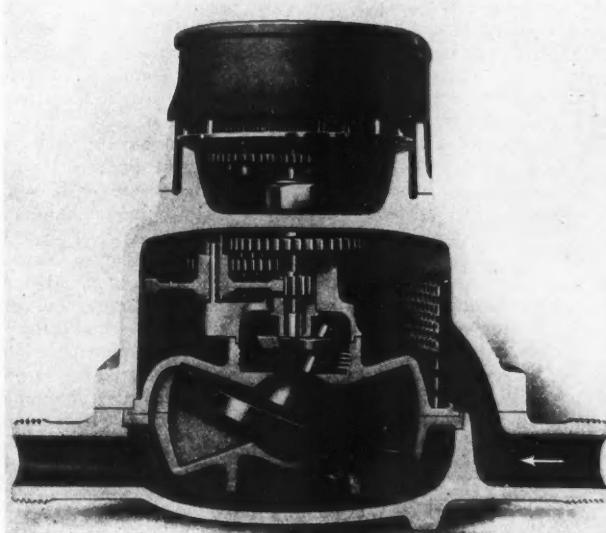


Fig. 37.

introducing a weigher or measurer between the raw coal hopper and the grinding unit. The coal is generally weighed by a batch weigher, but in many cases it is simpler from the point of view of lay-out to use a form of meter which measures volume, the volume being subsequently converted into weight.

This latter form of meter is known as the "Cubimeter" and its application is shown in Fig. 38. It consists of a short length of belt conveyor running between two vertical plates placed on each side of it and a floating gate which measures the height of fuel. By suitable integrating means the cubical

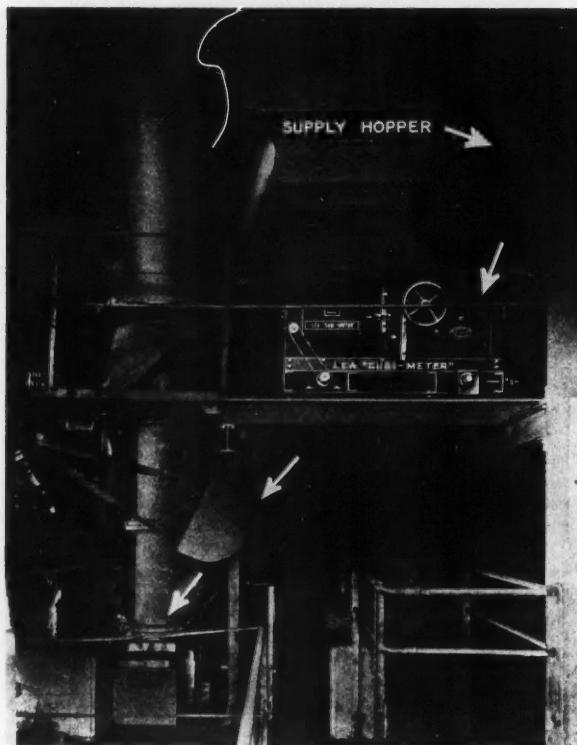


Fig. 38.

measurement of the coal can be determined over a period of time, and is shown on the indicator or recorder as the rate of feed in lbs. or tons per hour. This form of measurement has the advantage that in addition to the record of the quantity used in any period, it is possible to ascertain the rate of feed at any instant. The conversion from cubical measurement to weight involves the use of a constant which will vary with different classes of coal and the moisture content. It is therefore necessary regularly to check the weight of a cubic foot of the coal used.

When it is desired to measure the coal in pulverised form this can be done in a system employing a storage bin for the ground coal, as it is usual to rely on recording the number of revolutions of a screw which propels the

pulverised fuel through a pipe. This may at first appear to be a satisfactory method, but unfortunately the coal does not flow regularly from the feed hopper to the screw, and consequently at times the screw may be partly or completely empty; further, the coal may tend to pack more tightly in the screw at one instant than at another.

#### Air Supply to Kiln.

The air for combustion of the fuel in a kiln is introduced in two portions, known as the primary and secondary air supplies. The primary air is introduced with the fuel and may or may not be above atmospheric temperature; the secondary air supply comes *via* the integral or independent rotary type cooler where heat exchange takes place between the hot clinker and the incoming cool air. This secondary air enters the kiln through the hood around the burner pipe. It is almost impossible to get reliable measurements of the quantity of secondary air owing to the fact that not all of it passes up the cooler, there being considerable infiltration in the connections between the kiln and the cooler and the firing hood and the kiln. It is therefore necessary to confine measurements to the primary air supply, and where this is thought desirable one of several means of measurement may be employed.

The commonest form of instrument is the Pitot tube. This consists of two tubes of small bore arranged so as to have the end of one at right angles to the flow of air and the other facing the flow of air. These two tubes are placed in the position of average flow in the pipe, the other ends being connected to a differential gauge.

When the pressure is positive, as on the discharge side of the fan, the tube at right angles to the flow will give the static pressure and the facing tube the sum of the static and velocity pressures, or total water gauge.

If both the tubes are connected to opposite sides of the same gauge the differential reading will give the velocity pressure.

The conditions are somewhat different when the pressure is negative as on the suction side of the fan. The tube at right angles to the flow will then give the total suction and the facing tube the difference between the static and velocity pressures, when either is connected to one side of a "U" gauge.

It is possible to calculate from simple formulae the volume passing through a duct in any unit of time when the velocity pressure, the cross sectional area of the pipe, and the temperature of the air are known. The Pitot tube is quite satisfactory provided the air is measured before any pulverised coal is introduced into it. It is quite useless after the coal has been added, as the small bore of the tubes quickly becomes blocked. Modifications of the simple Pitot tube have been made which it is claimed make it satisfactory for use in dusty positions. An instrument of this type is shown in Fig. 39, but it is far better to choose a position in the pipe-line before the coal is added.

The Venturi meter, Fig. 40, may also be used for measuring the quantity of air. Its operation is dependent on the increase in velocity which is produced if the cross-sectional area of a pipe is reduced and the resulting difference in pressure that is set up between two points in the pipe system a relatively short distance apart. One advantage of the Venturi meter is that the loss of pressure across the whole apparatus is very small, as with the correct proportioning of the up and down-stream sides of the point of maximum restriction 85 per cent. of the head required for creating the velocity is recovered. As with the Pitot tube, a water column or other form of gauge is used for measuring the pressure difference and this can be calibrated in terms of quantity.

Where it is not convenient to employ a Venturi meter, which generally occupies a considerable length of piping, an orifice type meter may be used.



Fig. 39.

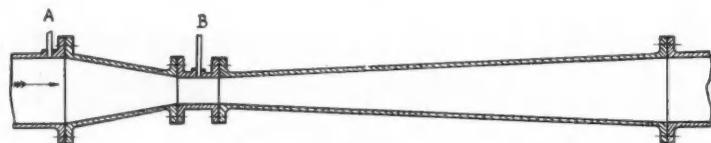


Fig. 40.

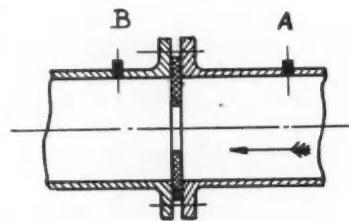


Fig. 41.

This consists (see Fig. 41) of a plate having at its centre a hole of smaller diameter than the pipe which is introduced at right angles to the flow. This plate acts as a throttle and sets up a great difference in pressure between the up and the down-stream sides; the difference is measured by a gauge either in terms of water gauge or directly in terms of flow. The drop in pressure across the throttle is usually several inches water gauge, all of which is lost.

### Clinker Temperatures.

The temperature of the clinker leaving a rotary or integral cooler should be as low as possible so as to ensure the maximum exchange of heat from the clinker to the secondary air supply, and to leave the clinker in a condition in

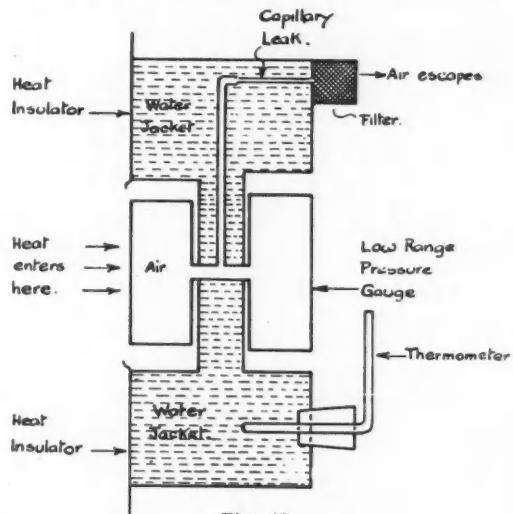


Fig. 42.

which it can be satisfactorily handled by a belt conveyor or other means. Under proper operating conditions the temperature should be considerably under 200 deg. F. It is not possible to measure the temperature continuously, as it is below the limits of optical and radiation methods of measurement and it would be very difficult to use a pyrometer owing to the fact that the cooler is rotating and the abrasive nature of the clinker would produce very rapid wear of anything in contact with it. The usual method is to take a sample from time to time and obtain its temperature with an ordinary thermometer.

### Radiation and Convection Losses.

It is frequently necessary to measure the shell temperature of a kiln or cooler shell as with this information it is possible to calculate the loss due to radiation and convection. Various means are available for determining these temperatures which vary from about 500 deg. Fah. downwards.

A special form of pyrometer which employs a strip type thermo junction is particularly suitable for the purpose. The thermo strip which is about  $\frac{1}{2}$  in. wide and 8 in. long is mounted in a light frame like a bow and stringer on the end of a long light handle. Contact between the centre of the thermo strip or stringer and the surface of the temperature which is to be measured is all

that is necessary. The temperature is shown on an indicator of the usual type.

Another and direct method of measuring radiation and convection losses is by an instrument known as a surface-heat flow gauge. This apparatus is relatively simple and although the results may not be so highly accurate as

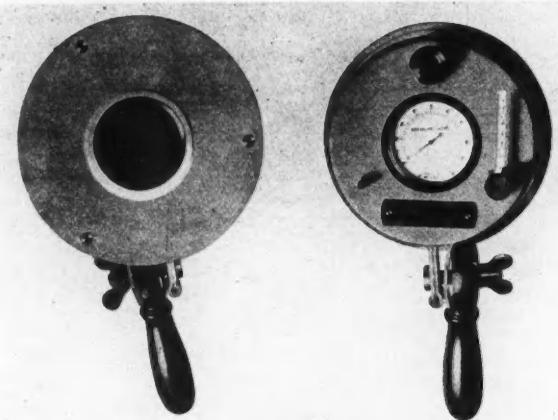


Fig. 43.



Fig. 44.

other more laborious methods, it has the advantage of being comparatively rapid in use and capable of giving results without troublesome calculations.

An instrument suitable for use on a flat surface is shown diagrammatically in Fig. 42 and a back and front view of an instrument in Fig. 43. The essential parts of the instrument consist of an air chamber connected to a sensitive

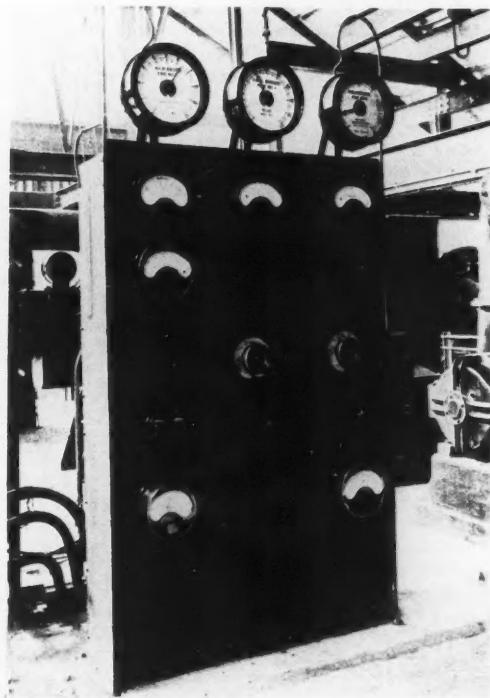


Fig. 45.

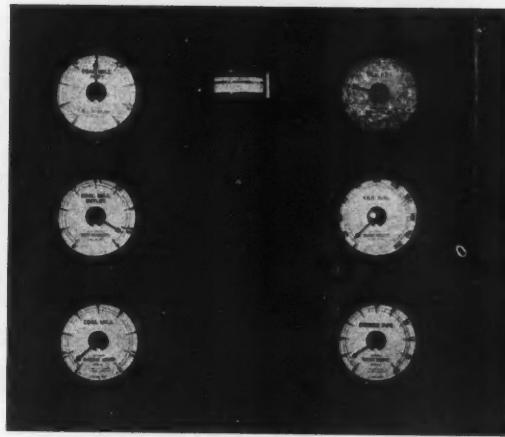


Fig. 46.

manometer and a restricted orifice which takes the form of a capillary tube connected to the chamber. When the exposed surface of the chamber is placed so that it receives a flow of heat, a rise of pressure of the air inside the chamber will take place and this will be proportional to the rate of heat flow into the chamber. When the pressure rises, some of the air will escape through the capillary tube, but a condition will eventually be reached when the rate of loss of air due to an expansion will exactly compensate the rate of rise of pressure due to the flow of heat into the chamber. It is the measurement of the steady pressure which is taken as the measure of the flow of heat.

The face of the chamber which receives the heat is matt black on both surfaces while the rest of it is polished. The chamber is mounted inside a recessed water jacket with polished walls. It is necessary to calibrate the instrument by direct experiment; the method used is to compare the reading of the apparatus with the known heat losses from a copper plate which is electrically heated. By varying these known losses a calibration graph showing the relation between the manometer readings and the radiation and convection losses in B.T.U.'s per square foot per hour can be obtained.

#### Clinker Weighing.

The weighing of clinker is a rather more difficult problem than the weighing of other materials, as owing to its abrasive nature working parts such as knife edges are subject to very excessive wear which quickly upsets the accuracy of any weigher. For the same reason meters which depend on cubical measurement have not so far proved successful. When the weight is determined it is usual to make use of a batch weigher. One type consists of a circular drum divided into four compartments, constructed in such a way that when a certain weight of clinker has passed into the uppermost compartment the centre of gravity is so altered that the drum is made to rotate; the full compartment then empties itself and the one next to it takes up the position formerly occupied by the one which has just emptied. The number of times the machine tips is recorded by a counter but the total weight during any period has to be calculated; this involves the use of a constant previously determined by calibration tests.

Typical works installations are illustrated by Figs. 44, 45 and 46.

Fig. 44 shows combined  $\text{CO}_2$  and oxygen recorder, katharometer for electrical  $\text{CO}_2$  recorder, long period gas samplers, and Orsat apparatus. Fig. 45 is a view of a kiln-control panel fitted with draught and pressure indicators, kiln-speed coal-feed and slurry-feed control panels. Fig. 46 illustrates a kiln-control panel fitted with pyrometer indicator with twelve-point switching arrangement, draught and pressure indicators.

The foregoing does not presume to have covered all the means available for determining the many factors which enter into the scientific control of the operations involved in a rotary kiln, but an endeavour has been made to show the principles involved and the manner in which many types of instruments are being usefully applied to a manufacturing process, which even in these enlightened days is still an art requiring the skill and judgment of the human being.

The author is indebted to the following for certain of the illustrations: Foster Instrument Co., Ltd., Figs. 1, 2, 4, 33, 35, 42, 43; Electroflo Meters Co., Ltd., Figs. 5, 6, 16, 17, 30, 31, 46; Duguids, Ltd., Figs. 10, 26; J. Hopkinson and Co., Ltd., Figs. 28, 29; Lea Recorder Co., Ltd., Fig. 38; George Kent, Ltd., Fig. 27; Cambridge Instrument Co., Ltd., Figs. 3, 11, 12, 34; Walker, Crossweller & Co., Figs. 13, 22, 23, 24; Viozone, Ltd., Fig. 32; W. R. Patents, Ltd., Figs. 14, 15, 25.

## Sampling and Analysis of Coal.

THE British Engineering Standards Association has issued a British Standard Specification for the "Sampling and Analysis of Coal for Export" (price 2s. net).

Part I deals with methods of sampling. When sampling from wagons, the requisite number of increments shall be distributed evenly over the whole number of wagons in the consignment to be sampled. Holes shall be scooped as deep and narrow as possible—but not less than 12 inches (300 mm.) in depth—at distances equal to about one-sixth of the diagonal line from the corners of the wagons and also from the centres of the wagons. The position of the holes shall be varied regularly from wagon to wagon. Each hole shall be scooped so as to leave as far as possible a vertical wall on the side of the hole nearest the centre of the wagon and the increment shall then be taken by scraping the sampling shovel from the bottom to the top of the steepest side of the hole. Alternatively, the increment shall be drawn from below the surface of the bottom of the hole. The samples taken from the tops of the wagons cannot be considered as representative of the moisture content in washed or otherwise wetted coal. For such coals where a sample cannot be obtained from the whole of a wagon during discharge, the sample for moisture shall be taken from the bottom of a hole dug in the centre of the wagon as near as possible half-way through the depth of the coal.

Dealing with the method of reduction of the gross sample, it is stated: "In view of the fact that the crushing or grinding of washed coals has been shown by experiment to lead to a considerable loss of moisture, it is recommended that where the moisture has to be determined in washed coal 'as received' the gross sample shall be thoroughly mixed and a separate moisture sample of at least 10 lb. (4.5 kg.) taken by small increments well distributed over the heap. This moisture sample shall be quickly sealed and sent direct to the laboratory clearly labelled 'Moisture Sample.' In such cases if the minimum weight of the gross sample specified is less than 100 lb. (45 kg.), the amount actually collected shall be increased by not less than 10 lb. (4.5 kg.). The whole of the original gross sample—or the remainder where a special portion has been removed for the moisture sample—shall preferably be crushed or ground to pass through a  $\frac{1}{4}$ -inch (6.35 mm.) square mesh aperture and shall then be reduced by one of the following methods."

When the hand method is used: (i) the whole of the gross sample shall be placed on the floor and the coal rapidly but thoroughly mixed by heaping and turning over on to a different place two or three times. (ii) A conical heap shall then be formed by depositing each shovelful on the top of the preceding one, taking care to place it on the apex of the cone, so that the portions which slide down the sides shall be distributed as evenly as possible, and that the centre of the cone shall not be displaced. Some of the larger pieces may roll down and scatter around the base, so the operator shall carefully push these back to the edge of the cone. A new cone shall then be formed twice in a similar way, taking care to work steadily round the previous one until it is all transferred. The third cone shall now be flattened down uniformly by repeated insertions of the edge of a shovel or board along axial planes, working radially round the cone and lifting the shovel or board clear after each insertion. The flattened heap shall be of uniform thickness and diameter, and its centre shall

coincide with the centre of the original cone. The sample shall then be quartered by marking the heap off into quarters along two diameters which intersect at right angles. This may be done accurately and expeditiously by means of a sheet metal cross made with four arms or blades joined together at the centre, held at right angles to each other by stays, and reinforced along their upper edges; the cross being placed centrally on the heap and the thin lower edges of its blades pressed into the coal. Each pair of opposite quarters shall then be shovelled into a separate heap and one of these heaps shall be rejected. The operation (ii) shall be repeated until about 10 lb. (4.5 kg.) is left. When a separate sample has not already been taken for the determination of moisture, a 2-lb. (1 kg.) sample shall then be taken.

Method 1 for the determination of moisture for analysis is as follows: Weigh from 2 to 10 gr. of the air-dry coal, ground to pass through a 60-mesh I.M.M. sieve, in a shallow weighing vessel provided with a well-fitting cover. The area of the weighing vessel must be such that the weight of the layer of coal does not exceed 0.3 gr. per sq. cm. Heat the uncovered coal for one hour at a temperature of 105-110 deg. C., cool the covered dish in a desiccator charged with concentrated sulphuric acid or calcium chloride, and weigh covered. Express the loss of weight as moisture.

The following is method 1 for the determination of moisture in coal "as received": Spread the sample of not less than 2 lb. (1 kg.) of coal on tared metal trays, and weigh together. Air-dry the coal for some hours in an atmosphere free from dust, at a temperature not exceeding 50 deg. C., until the weight remains approximately constant at room temperature, and note the loss in weight. If the sample tin is wet it should be weighed and dried with the sample. Grind the air-dry sample, without exposing it to changes of temperature and humidity, to pass through a 10-mesh I.M.M. sieve, and mix thoroughly. Take 30-gr. portions of the coal and dry to constant weight at a temperature of 105-110 deg. C. in the oven, using larger dishes (preferably flat-bottomed) having an area of 60-70 sq. cm., with covers, to contain the coal. The drying should as a rule not require more than 1½ hours.

The crucible and muffle methods are described for the determination of volatile matter.

**Crucible Method.**—Weigh 1 gr. of the air-dry coal, ground to pass through a 60-mesh I.M.M. sieve in a platinum crucible closed by a well-fitting lid, which may be provided with a hole in the centre of not more than 2 mm. diameter. Place the covered crucible on a suitable support, such as a platinum or nichrome wire triangle, or a ring of refractory material, and heat over a flame for 7 minutes at a temperature of 965 deg. C.  $\pm$  5 deg. C. Cool the crucible, first rapidly upon a cold iron slab to prevent oxidation of the contents, and finally in a desiccator, and weigh. The loss of weight, minus the moisture (separately determined), represents the volatile matter.

The crucible shall be of the following dimensions: Diameter at base, 24-25 mm.; diameter at top, 34 mm.; height, 35-40 mm.; capacity, 25-30 c.c.

The apparatus shall be set up so as to attain a temperature of 965 deg. C.  $\pm$  5 deg. C. in the bottom of the covered crucible as indicated by the incipient fusion of a crystal of pure potassium chromate placed in the covered crucible and heated for seven minutes under the conditions of the determination.

**Muffle Method.**—Weigh 1 gr. of the air-dry coal, ground to pass through a 60-mesh I.M.M. sieve, in a platinum, silica or porcelain crucible,\* having a

\* When a silica or porcelain crucible is used, the walls of the crucible should not exceed  $\frac{1}{2}$  inch (3 mm.) in thickness.

capacity of 20-30 c.c., and closed by a well-fitting lid. Heat the covered crucible in a muffle furnace for 7 minutes at a temperature of 965 deg.  $\pm$  5 deg. C. Allow the crucible to cool in a desiccator, and weigh. The loss of weight, minus the moisture (separately determined), represents the volatile matter. A gas or electrically heated muffle furnace in which a constant and uniform temperature can be maintained shall be used. To ensure uniform heating of the crucible, it shall not be in contact with the floor or sides of the muffle, but shall rest on a suitable support, such as a platinum or nichrome wire triangle, or a ring of refractory material.

For the determination of ash, weigh from 1 to 5 gr. of the air-dry coal, ground to pass through a 60-mesh I.M.M. sieve, in a shallow platinum, porcelain or silica dish, 20-40 sq. cm. in area, depending upon the amount of coal used, by 1 cm. deep. Heat at a temperature of 750-800 deg. C. in an oxidising atmosphere during 1 hour or until constant in weight. Cool in a desiccator and weigh. A muffle furnace shall be used and provision shall be made for the free circulation of air over the coal.

In the determination of calorific value, the calorific value as determined is that of the coal under conditions of constant volume for the products of combustion; this value may differ from that at constant pressure by 1 in 1,000.

In the combustion bomb method a high-pressure bomb calorimeter of the Berthelot type shall be used. It shall have an inner surface which is not attacked by acids to an extent which would interfere with the accuracy of the results. The capacity of the bomb shall be such that when closed and filled with oxygen at the working pressure, it shall contain at least two and a half times the amount of oxygen required for combustion of the test substance.

---

#### The late Sir Michael Lakin.

The death occurred recently of Sir Michael Lakin, for fifty-seven years a member of the firm of Greaves, Bull & Lakin, cement manufacturers, of Harbury. Sir Michael Lakin was Vice-Chairman of Warwickshire County Council, Chairman of the County Standing Joint Committee, and Chairman of the Warwickshire Mental Hospital Committee. In 1899 he was High Sheriff of the county. For many years he rendered valuable service to the borough of Warwick; in 1902 he was elected Mayor, and held that office for three years. In 1925 he was presented with the Freedom of the Borough. Sir Michael Lakin was born at Malvern in 1846, and he was created a baronet in 1909.

---

#### Society of Chemical Industry.

The jubilee celebrations of the Society of Chemical Industry will take place in London during the week commencing July 13th, under the patronage of H.M. the King. The proceedings will be under the presidency of Sir Harry McGowan, President of the Society, and will comprise a programme of scientific discussions, social functions, and visits to industrial centres. During the week an exhibition of British chemical plant and research and recording instruments, arranged by the British Chemical Plant Manufacturers' Association in co-operation with the Chemical Engineering Group of the Society, will be held at the Central Hall, Westminster.

## The Burning of Cement on a Travelling Grate.

THE kilns used in the manufacture of cement are generally either vertical-shaft or rotary kilns. A disadvantage of the shaft-kiln is found in the irregularities in burning, while in the case of the rotary kiln the high fuel consumption is a disadvantage. Many experiments have been made in order to develop a burning apparatus possessing the advantages of both the vertical and the rotary kiln, but without the disadvantages of either. In the following notes the use of the travelling grate as used in the metallurgical industry for the calcination and reduction of ores is examined, for the uses of the grate in this industry suggest its adaptability to cement manufacture.

The ore is fed to the grate in an even layer, and travels through the furnace on the grate. If the ore is to be reduced it is previously mixed with coal,

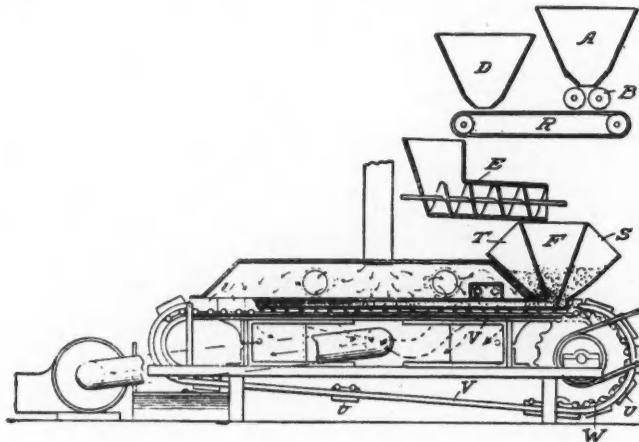


Fig. 1.

and air is drawn through the grate causing combustion of the coal and reduction of the ore if there is a surplus of fuel and a scarcity of oxygen. Alternatively the furnace may be next to the grate and the flame taken through the grate and the material lying on it.

In the first case it is advisable to force the air through the grate from underneath, so that the fresh air cools the grate efficiently. In the other case the reverse process is used. The gases transfer their heat to the top layer of material on the grate, and will only come into contact with the grate when they have cooled down. To obtain even burning in spite of this, a layer of ready-burnt material is interposed between the grate and the fresh material. It is then possible to heat the whole layer of new material to a temperature sufficiently high for the process, without endangering the grate.

There are a number of similar processes in use where the material and the fuel are put on to a grate in separate layers or already mixed. These

processes have all proved successful except where the material is inclined to melt or to become sticky. The grate in such cases is useless, as the individual links become stopped, the movement of the grate is impeded, and regular gas-passage becomes impossible. This regular gas-passage and the resulting close contact of all parts of the material are the main advantages of the grate as compared with other burning devices. The layer of material must at all points have the same resistance to the passage of gases, as otherwise uneven heating results.

The questions arising when this process is contemplated for burning cement or similar products are explained in the following notes with the aid of practical examples. Fig. 1 shows a plant with a travelling grate for burning cement. The raw material is fed to the grinding-mill from the hopper A and the mill discharges the material on to the conveyor R. Coal is fed from the bunker D in regulated quantities on to the same conveyor. After passing the pug mill E and the hopper F, the mixture is fed to the travelling grate in an even and regulated layer. In front and at the back of the hopper F are hoppers S and T.

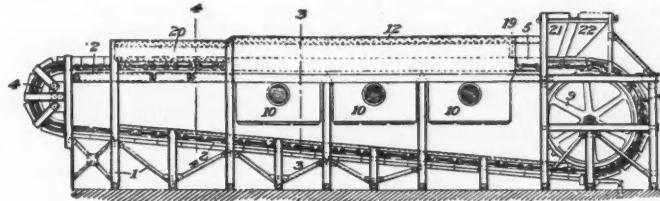


Fig. 2.

Hopper S is filled with fully-burnt clinker and a little coal, while hopper T contains coal only. In this way three distinct layers are formed on the grate V; the lower layer consists of the clinker-coal mixture, the second and main layer contains the raw material, and the thin top layer consists of coal. Chambers are arranged above and below the grate, and air from the atmosphere is drawn through the upper chamber and the grate with its layers into the lower chamber, the fan being connected with this lower chamber. A device for the ignition of the top layer of coal is arranged at the point of entrance of the grate into the chamber, and as the grate moves on the whole of the material on the grate ignites.

As with all other grates the contact of the gases with the different parts of the material is regular, at least as far as horizontal distribution is concerned. With parts lying one on top of another the matter is more difficult. The cold air first comes into contact with the coal, is here heated to a high temperature, and then passes on to the upper part of the mixture of raw material and fuel. The ratio of fuel and material in this mixture must be such that the heat produced by the fuel in the mixture balances the heat consumed in burning the raw material. By suitable adjustment of the mixture this balance can be achieved reasonably exactly, so that the temperature of the gases is not subjected to change. The gases finally reach the bottom layer, where in heating the clinker they will part with enough of their heat to eliminate the danger of burning the grate.

The burning process must be finished by the time the top layer of coal has burnt away, as the air meeting the material direct will not be heated sufficiently and will only serve to cool the clinker. The thermal efficiency in this case is very poor. The heat contained in the clinker is not utilised, but escapes into the atmosphere. This can be adjusted by the arrangement of a special cooling section through which the air used for combustion is previously passed.

The hot waste gases are also not utilised. It is therefore of no importance that the gases are cooled to a certain extent by heating the clinker which forms the bottom layer on the grate. Similarly the heat in this clinker is wasted. It has therefore been suggested that the waste gases should be used to heat the material previous to its burning, and for this purpose the chamber underneath the grate should be connected with a further chamber over the grate and in front of the burning-zone; the waste gases are drawn through this chamber and through the fresh material on the grate. Such an arrangement, however, has its drawbacks. The insulating layer of clinker must be of sufficient thickness to prevent damage to the grate, and so the clinker will carry away with it the most valuable part

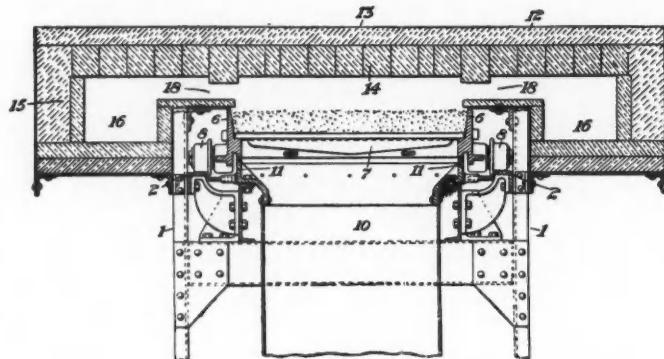


Fig. 3.

of the heat of the waste gases. Moreover, the pre-heating of the material must be done very carefully, as ignition of the fuel mixed with the material must of necessity be avoided.

Apart from these disadvantages, the principle of the process is easily vulnerable. The cement on the grate is first calcined, and sintered at a later stage. As cement at the sintering stage is inclined to become viscous, the resistance represented by the layer of material to the gases increases, and sometimes this prevents air-passage altogether, so that underburnt cement is obtained. As far as is known no such plant has been worked for any length of time.

A plant on similar lines with an external source of heat is shown in Figs. 2 and 3. The plant is mainly used for burning lime; here the difficulties are fewer, but the burning of cement has been considered. Here there are also several bunkers (21, 22), at the feed-end. The hopper 22 supplies the insulating layer of burnt material, while 21 contains the raw material. The flame is produced in a special chamber, 16, at both sides of the grate and enters into the combustion area 14 (over the grate) through the flues 18. One or more

suction chambers are arranged underneath, the larger number allowing subdivision of the whole burning apparatus. The quantity of gas sucked through the individual chambers can in this way be regulated.

A variation of this process can be obtained by the admixture of part of the fuel to the material instead of burning the whole in the chambers 16. If all the heat is produced in these chambers the upper layers on the grate will be heated with greater intensity than the lower parts, and uneven burning will result. If part of the fuel is in the material the heat expended in heating the upper layers can be compensated by the fuel in the material, in the same way as in the process described previously. Otherwise the process is the same. Here also a cooling and a pre-heating section can be installed, leaving the plant with the same weaknesses. The process cannot be used for the burning of cement. The greatest difficulty is always the viscosity of cement-clinker at the sintering stage.

A solution was provided by Lellep with his combined travelling grate and rotary kiln. He does not attempt to do the sintering on the grate,

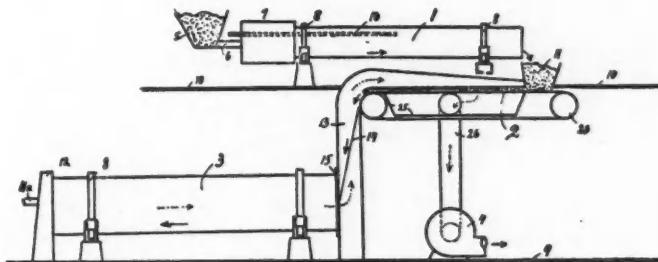


Fig. 4.

but leaves this to the rotary kiln where it is a simple matter. The process is as follows: The material is pre-heated and calcined on the grate and is finally sintered in the rotary kiln adjoining the grate. As the rotary kiln has only part of the usual work it can be accordingly shorter in length. The general arrangement is diagrammatically shown in Fig. 4. The dry and finely-ground material is first granulated and put, in the shape of small balls, into a rotating cylinder. This is effected by adding moisture to the meal in the shape of drops of water which cover themselves with meal and increase in size with further rotation of the drum. The size of these granules is fairly regular and generally grows to a diameter of about  $\frac{1}{2}$  inch. Although they are not as strong as briquettes—they can be squeezed between two fingers—they are sufficiently strong to withstand a fall of several yards without breaking. It would be very expensive to form briquettes of such small dimensions, and no doubt the cheapness of granulation was the reason for its choice, although it will hardly be denied that briquettes would show many advantages. Breaking up would certainly be avoided, and all the briquettes would be of the same size. This would be important with regard to even burning. Practice, however, has proved granulation satisfactory for conditions imposed and briquetting cannot be carried out on account of price.

According to the patent the granules are fed in an even layer to the grate from a storage hopper, and drying and calcination take place on the grate. The heating of the grate is done by the exit gases of the rotary kiln, the gases meeting the material on the grate from above and being sucked through the grate. A suction-box which can be subdivided is arranged underneath the grate, and the apertures between the links of the grate are made so small that no granules can pass through. At this juncture the value of granulation becomes clear. If it were not for the granulation the material would be sucked through the grate; that is, with the usual rotary-kiln feed. As the granules retain their strength even after evaporation of their water-content and calcination, only negligible quantities of material pass through the grate. The evenness of burning with these granules is considerably improved compared with ordinary kiln practice, where dust as well as larger pieces have to be burnt. On the other hand, the undisturbed state of the granules on the grate prevents breaking up, as this danger no doubt exists during the drying period and at the beginning of the calcination period. Comparing these conditions with ordinary rotary kiln practice, the advantages are obvious. In the latter stages of burning the hardness of the granules improves further, so that there is no danger of breaking-up in the rotary kiln attached to the grate.

The upper layers on the grate are heated by the exit gases of the kiln to such an extent that they are fully calcined. In passing through the whole of the layer the gases are cooled so that when coming into contact with the bars of the grate the maximum temperature does not exceed 550 deg. C. This high temperature is, however, only reached at or near the discharge end of the grate, the gases being much cooler farther back and diminishing to about 50 deg. near the entrance end of the grate. The average temperature of the gases underneath the grate is only just over 100 deg. Therefore burning of the bars of the grate need not be reckoned with and special cooling is unnecessary.

It has been mentioned that it is difficult to achieve even burning on a travelling grate; by heating from an external source the top layers will be burnt better than the lower layers. This characteristic of the travelling grate in the present case is of no importance, as even burning is intentionally relinquished because the final burning is done in the rotary kiln together with the sintering. The grate has nothing to do with the sintering of the clinker, and is consequently not loaded with the difficulties inherent in sintering, unlike the grate previously described.

The length of the rotary kiln is only about one-third of the usual length. The grate itself is still shorter, so that the total length of such a plant is considerably less than the length of an ordinary plant with a rotary kiln. The grate does a very large part of the work of burning; it could, however, be questioned whether the grate could not do an even larger part, and take all or most of the calcination. It is not advisable to have any sintering on the grate, and for this reason the burning would have to be done in such a way that the upper layers would be heated to a point where calcination is just finished, and the lower layers would have to be heated still further. It is a simple matter to achieve this by reducing the thickness of the layer on the grate, but the exit gases would naturally be hotter and the thermal efficiency of the plant would be lower. This could be remedied by passing the gases through a special pre-heating zone instead of straight to the chimney, but the grate would be exposed to higher temperature and would need special cooling. The whole plant would thus become fairly complicated. There seems to be every justification for doing without the increased load of calcination on the grate, even if this appears to be at the expense of a slightly longer rotary kiln.

The grate incidentally solves the difficulty of dust-trouble associated with ordinary rotary kilns. The dust carried up the rotary kiln by the gases is caught in the layer of granules, which acts as a filter. There is no fine dust which can be sucked through the apertures and slots of the grate and practical experience has shown that the gases entering the chimney are dust-free. Here again the value of a granular material is shown. This effect of the layer can easily be understood as such travelling layers of material have frequently been used in dust-collecting plants. Here the dust-collecting plant is inside the burning apparatus and no further arrangements need be made.

The rotary kiln and the cooler show no new aspects, the kiln being hardly longer than the usual burning zone. The action of the cooler is the same as in the ordinary plants.

The question of the quality of the clinker produced in the kiln must be dealt with. Even calcination and sintering is of the greatest importance. The latter, as before, takes place in the rotary kiln, which has proved its suitability for sintering, and no difference need be expected here. Calcination, on the other hand, takes place partly on the grate, the top layer being burnt harder than the lower layers, but as the calcination can be completed in the rotary kiln it seems doubtful whether the preliminary irregularity of burning affects the final quality of the clinker. In any case it can hardly be of importance, as even with the ordinary rotary kiln mixing of burnt and raw material takes place occasionally when rushing of raw-meal occurs without any detrimental effect on the quality of the cement. There is, however, one important advantage which influences the quality of burning. The material retains its size until leaving the kiln, and on the whole journey through the kiln. Tests carried out with material made in this kiln have shown that it is equivalent to ordinary rotary clinker, compression strength being the same and tensile strength being slightly improved.

The following results were obtained at the first experimental plant at the Ruedersdorf Portland cement works, Guthmann & Jeserich, Kalkberge i. Mark, where a disused rotary kiln with a very small cooler has been employed. Results in new plants can be expected to be better. The coal had a value of 6,450 calories and contained 12.5 per cent. ash. The raw meal had 76.5 per cent.  $\text{CaCO}_3$  and a moisture content of 13.5 per cent. Excess air varied from 1.05 to 1.1, and the heat consumed averaged about 1,045 calories per kilogramme of clinker. The temperature underneath the grate was not measured, but behind the fan the gases were at 105-110 deg. C. It was calculated that about 28 per cent. of the  $\text{CO}_2$  contained in the raw material was driven off on the grate, the rest being calcined in the kiln.

To sum up, the main advantages of the Lellep process are as follows: clinker of a quality corresponding to rotary-kiln practice is produced with a fuel consumption considerably less than with ordinary rotary kilns, and even lower than with vertical-shaft kilns. At the same time the exit gases are cleaned so that they carry no dust, and the space occupied by the plant is less than in the case of an ordinary rotary kiln.

We are indebted to Messrs. G. Polysius, A.G., Dessau, for the foregoing notes.

---

#### Swedish Cement Company Report.

The Skanska Cement A.B. has declared a net profit of 2,177,000 kr. and a dividend of 12 per cent. for 1930, as compared with 2,029,000 kr. and 12 per cent. for the previous year. The respective outputs for 1930 and 1929 were 239,500 tons and 231,000 tons.

## A Comparative Study of the Portland Cement Industry in the United States of America, Canada, and the United Kingdom.—V.

By HAL GUTTERIDGE, A.M.I.Mech.E., M.I.E.I.

### Storage of Raw Materials.

**Hard Materials.**—The storage of raw materials is almost invariably arranged after the materials have been reduced to about 1 in. maximum.

If the process adopted is the "wet" process, the question of drying the materials does not arise, but if the "dry" process is employed then the materials are dried after their storage while on their way to the raw grinding mills.

In one works in the U.S.A., using 60 per cent. limestone and 40 per cent.

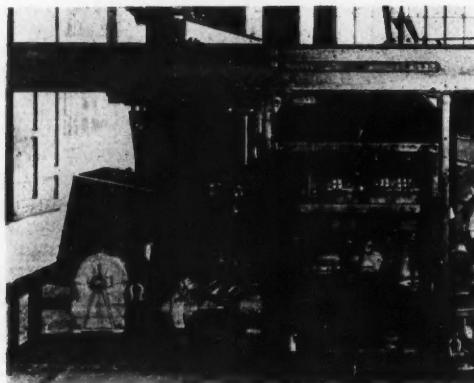


Fig. 12.

slag, and producing 1,250,000 barrels of cement per annum, the raw materials, gypsum and clinker storage is 528 ft. long and 80 ft. wide with 20 ft. high walls. The raw materials, gypsum, and part of the clinker stores are roofed and the remaining clinker is in the open. There is storage for 3,000 tons of limestone, 4,500 tons of slag and 100,000 barrels of clinker, while a space 24 ft. by 80 ft. is arranged for gypsum.

**Percentage of Water in Raw Materials.**—When employing the "dry" process the protection of the raw materials from wet weather during quarrying, handling and storage is important, for the majority of materials if so exposed will absorb appreciable quantities of water which will have to be driven off in the driers. With the "wet" process exposure is not a serious consideration except with materials of an argillaceous character which are likely to clog if treated in a crusher or hammer mill.

The percentage of water in the various raw materials depends entirely on their character, the minimum generally being found in hard limestones free from clayey matter, and the maximum in clays. The percentage of water in hard limestones may range from  $\frac{1}{2}$  to 3 per cent. and these materials may in special cases with dry process with adequate protection from the weather during handling, be sent to the grinding mills without drying. Soft chalky limestones may have a percentage of water up to 5 per cent. in summer which frequently increases to 15 per cent. during wet weather. Chalks may have a percentage of water up to 15 per cent. and will readily absorb an additional 10 per cent. if exposed for any length of time to rain. Clays, in addition to 15 per cent. to 20 per cent. of hygroscopic or mechanically-held water, contain an appreciable percentage of chemically-combined water which can only be driven off at a temperature corresponding to a low red heat.

As the majority of the raw materials in the U.S.A., and all the materials in

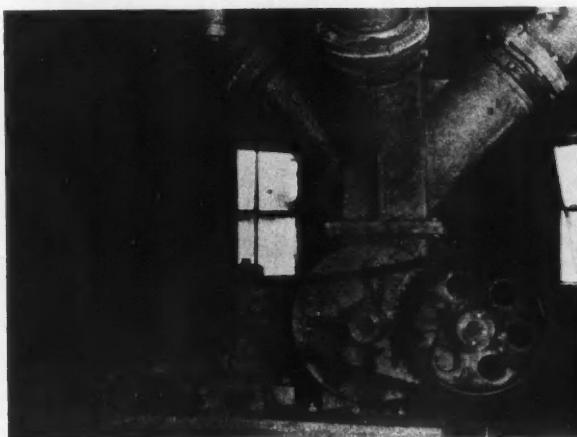


Fig. 13.

Canada are hard, in contrast to the materials in the United Kingdom the majority of which are soft, the matter of the percentage of water in the materials has had an important bearing on the method of treatment and the choice of plant and this, in a large degree, accounts for the great difference in treatments and plants between the three countries.

**Soft Materials Preparation.**—Chalks, marls and clays can usually be reduced to the state required for burning in one process in the washmills. In some cases it is necessary to introduce a "breaker" to reduce the material to about a 4 in. maximum size and occasionally, where the chalk is particularly hard, a hammer mill is necessary as a preliminary crusher followed by grinding mills. An instance of this latter treatment is in a new plant in Texas, U.S.A., where the raw material is an argillaceous chalk varying from soft earth to solid material.

In the United Kingdom, the general practice with soft materials is to place the chalk or marl direct into the wash-mill together with the clay. The clay is

introduced in solid form with the necessary water or in the form of slurry. In the latter case, as the clay usually has to be pumped it will have up to 70 per cent. of water, so that the additional amount of water to be added at the chalk-clay washmill is small. Alternatively, the chalk and clay can be reduced in separate washmills and brought together in the mixing tanks. When flints occur in the chalk these are usually removed in the washmills, the bottom of the washmill being provided with a horizontal door flush with the bottom through which at any desired intervals the flints can be discharged. It has been found that the flints have a beneficial effect in the more rapid breaking up of the chalk in the washmill though the wear and tear on the harrows and the power required are increased.

When too many flints have accumulated in the washmill for efficient opera-

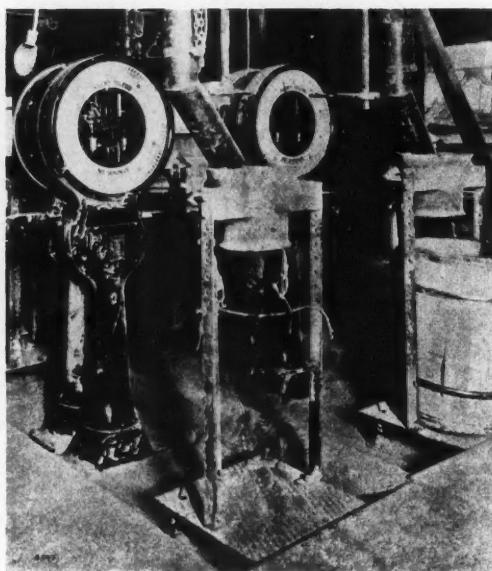


Fig. 14.

tion, the washmill is pumped out and the harrows kept slowly revolving while the flints drop out through the bottom door to an elevator which raises them up to trucks on the surface.

The separators used in the United Kingdom to reject the oversize particles in the slurry are usually of the centrifugal separator type. In one machine there is a vertical spindle upon which is keyed a hollow spider fitted with a perforated plate through which the slurry is fed, and bolted to the spider is a horizontal beater-plate carrying cast-steel beater-brackets and hard steel beaters. This portion revolves inside a cast-iron casing and by centrifugal force throws the slurry on to a series of sieves round the periphery of the casing. The fine slurry is forced through these sieves while the rejects from

the screen flow out through a special opening in the casing and are returned to the washmills for further reduction. This separator runs at about 140 r.p.m. and gives a product which will average 5 per cent. residue on a 180 sieve. Two types of separators used in the United Kingdom are the Edgar Allen and the "Trix" separator, the latter made by F. L. Smith & Co.

A section of the "Stag" separator, by Edgar Allen & Co., Ltd., is shown in Fig. 15. Fig. 16 shows the "Trix" slurry separator by F. L. Smith & Co., Ltd.

**Blending, Proportioning and Weighing.**—A more elaborate development of the usual conveyor belt proportioning and weighing machine is illustrated in Fig. 12. Briefly, the machine (made by the Richardson Scale Co., of U.S.A.) consists of a feeding belt or rubber conveyor for cold materials, or a steel apron for hot materials. This conveyor discharges on to another conveyor which, with its driving motor, is suspended from a system of scale levers. This weighing conveyor contains the load to be weighed but runs continuously. In operation, the scale is set and the feeder runs until it has delivered this

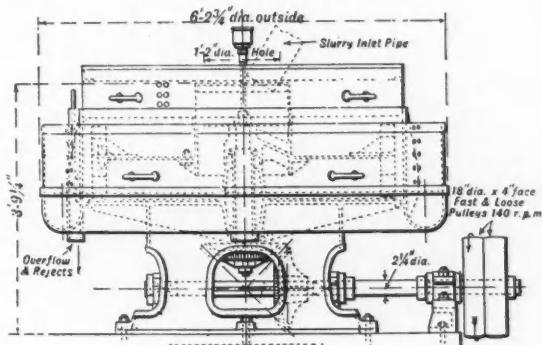


Fig. 15.

quantity, then a mercury switch operated by the rising scale-beam cuts out the feed motor and the feed stops. The weighing conveyor, however, continues to run, discharging its load which has been registered by a counter thus allowing the scale beam to reset the switch and restart the feed for the next weighing. Where proportioning is required, the scales are so disposed that the two streams can mingle together upon the discharge. A novel feature is introduced to ensure that at all times there is a sufficient feed, for the small feed hoppers are integral with the machine, the whole unit being mounted to rock slightly. Should the material in the small feed hopper recede below a certain level, the whole unit tips forward on to a stop, and in so doing cuts off all power from the machine which remains dormant until sufficient material has once more entered the feed hopper to tip it back and reset the main line switches. Another type of blender and feeder used in the U.S.A. is where a positive delivering machine receives supplies of raw materials by gravity from a number of bins through pipes connected thereto. The proportion of material from each bin is adjustable and the speed of the machine is capable of variation. Fig. 13 shows one of this type of blenders and feeders made by the Bethlehem Foundry & Machine Co.

Fig. 14 is a weighing machine made by the English firm of W. & T. Avery, Ltd.

In the United Kingdom, for dry materials the "table" feeder is mostly used for proportioning and blending the materials. This machine consists of a horizontal table revolving at a slow speed with the open and vertical supply pipe directly over its centre. The distance from the bottom of the pipe to the table is adjustable by a sliding collar so that the rate of feed can be varied. The material revolving on the table is deflected off the table by a stationary adjustable plough. The supply from each of the bins is fed to a table and the discharge from each table is mixed in a common pipe or conveyor as may be suitable to the layout of the department.

The modern raw grinding mills of the present time in all three countries are

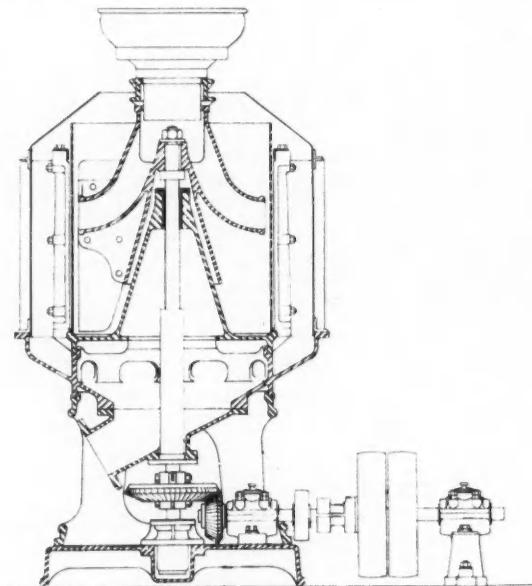


Fig. 16.

almost universally of the "combination" mill type, that is, a combination of the ball and tube mill with three or more compartments. In passing, it can be said that the trend of advance in the drive to the mills is toward the central drive, that is, the drive through a reduction gear-box direct through the hub of the mill as opposed to the final peripheral spur gear drive.

The total amount of water in the slurry generally ranges from 30 per cent. to 43 per cent. Examples can be cited of a chalk and clay mixture in the United Kingdom with 40 per cent. of water, a limestone and shale mixture in the U.S.A. with 30 per cent. of water, and a Lehigh cement-rock with 33 per cent. of water. Where the washmills, either chalk or clay, are some distance from the plant, the amount of water has to be increased considerably. In one case in the United Kingdom, where the chalk slurry has to be pumped

over two miles, the amount of water has to be increased to the order of 60 per cent. to 70 per cent., and de-watered at the mill down to the required percentage.

#### Final Mixing.

In the U.S.A., the centrifugal pump is most generally used for pumping the slurry, but the air-lift pump is also employed. In the United Kingdom the plunger pump is almost invariably used, and rarely is a centrifugal pump seen on slurry service. Of the centrifugal pumps, the Wilfley pump is one widely used. This pump has the advantage that no stuffing-box is required, as is the case with an ordinary centrifugal pump where such a device is necessary in order to prevent the material from leaking out where the shaft passes through the casing. A centrifugal seal is provided consisting of a revolving member called an "expeller" having paddles radiating from a recess in its centre to

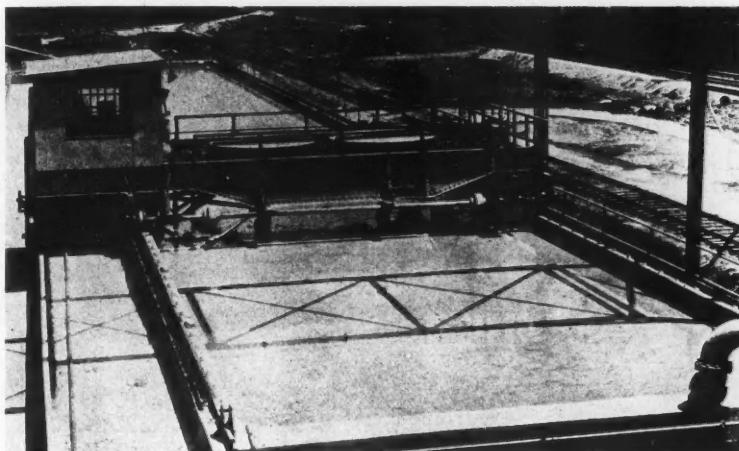


Fig. 17.

its periphery and a stationary member which has a projecting groove. The revolving member is cast in one piece with the runner and is set close to the stationary member which acts also as a side wearing plate. When in operation the slurry is prevented from leaking by the centrifugal action of the wings of the expeller, and any spillage at the side is caught by the projecting groove and delivered to the wings. A check-valve seals around the shaft while the pump is not in operation. The centrifugal pump has been successfully used for slurry in the U.S.A. for a considerable number of years, and it is difficult to appreciate why its undoubtedly advantages over the plunger pump, in the saving of space and in providing a non-pulsating delivery, have not been realised in the United Kingdom.

The air lift automatic pump for slurry generally consists of two receiving tanks set side by side into which the slurry flows by gravity through a non-return valve. Each tank is provided with a float which operates an air valve. The slurry entering the tank raises the float, and when the tank is full this

float opens the air valve allowing compressed air to flow into the tank forcing out the slurry to the point desired. One type fits an automatic electric valve arrangement which allows one of the tanks to fill while the other is being emptied.

Correcting tanks in the United Kingdom are frequently arranged in a bank of three, so that at any time one of the large tanks is being filled one is being emptied and the slurry in the third is being corrected. The slurry is continuously agitated by the rotation of mechanical arms or by air agitation or a combination of the two.

In one case in the U.S.A. the slurry-handling equipment consists of eight 28 by 40 ft. cone-bottomed concrete slurry silos with basement. Agitation is accomplished by the slurry and air as it is passed through special connections at the bottom of the cones. Three pipelines enter each silo and are so connected that slurry may be moved from one silo to another either by gravity or by a second slurry pump. From these tanks the slurry flows by gravity to "Dorr" slurry mixer tanks.

It is a common experience with the movement of slurry in pipelines to have

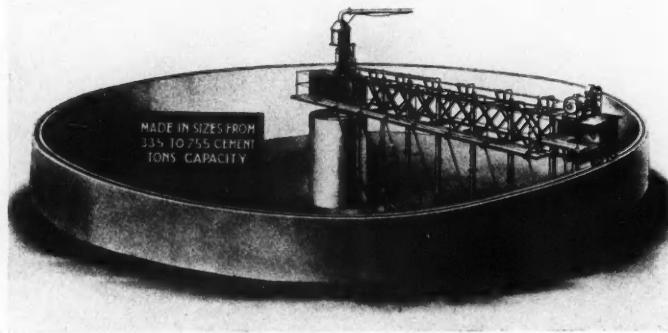


Fig. 18.

trouble with the valves or cocks. On many pipelines the valves do not have to be moved often for considerable periods, and even with valves that are in frequent use the solids in the slurry get between the faces and cause sticking. This may frequently require the dismantling of the valve with consequent waste of time and delay. To overcome this source of trouble, a special lubricated valve has been designed, and has been in use in some works for a number of years. In this valve, which is of the plug cock type, there is a tapped hole containing a check valve in the shank of the plug and continued from this is a duct drilled outwards to the surface of the plug and communicating with two grooves, one on each side of the plug terminating in a chamber at the bottom of the plug. As the plug is arranged only to rotate a quarter turn, the grooves on the bearing surface of the plug are never exposed to the liquid flowing through the pipeline. In operation the lubricant, in the form of a stick, is inserted into the neck of the plug and, in being forced down by the screw, lubricant pressure is transmitted down the grooves into the base chamber. The result is that the plug is lifted and a lubrication film is obtained between

the working faces of the plug cock. If the valve is difficult to move, the lubricant screw is given a slight turn, which not only forces the plug, but supplies the whole of the bearing surfaces with the lubricant. In the U.S.A. this valve is called the "Nordstrom" valve, and in the United Kingdom the "Audco" valve.

It is in slurry mixing and storing methods that practice in the U.S.A. and the United Kingdom differ. In the former country the mixer almost invariably takes the form of a travelling bridge agitator, and in the United Kingdom the use of the "sun and planet" mixer is universal.

The travelling bridge mixer has a rectangular tank about 35 ft. wide, 20 ft. deep and 100 ft. long, built in reinforced concrete. On the top of the side walls are fixed rails upon which a travelling bridge runs slowly and continuously from end to end, back and forth. From the bridge are arranged vertical revolving shafts, usually three, to which are fixed paddles which agitate the slurry; parallel and close to each of these shafts are fixed air pipelines extending to the bottom of the tank which supply low-pressure air for increasing the agitation of the slurry. The method of connecting the air supply is ingenious, for the air pipelines which are describing a circle of about 12 inch radius, have to be connected to the supply. This is usually arranged by drilling a hole down the centre of the vertical shafts to a position below the crown wheel, tapping this hole out to the side of the shaft and connecting it to the vertical air pipe.

On the supply side a gland is arranged through which the main supply pipe is connected. In supplying electric energy to a moving carriage such as this, or, say, a travelling crane, it has been the practice in the past to have live wires running the length of the movement and to arrange contacts which slide along the wires. This method in the case of a crane is not usually dangerous because of the height of the crane, but with a travelling bridge mixer at ground level the exposed wires would be a constant source of danger to the men working there. To overcome this an interesting feature is introduced in the bridge agitator by mounting a drum, generally of about 3 ft. diameter and 5 ft. long, which is free to move in either direction of rotation on a horizontal shaft. This drum overhangs one side of the tank and on it is coiled and uncoiled the rubber armoured electric supply cable. A mixer of this type, by F. L. Smith & Co., is shown in Fig. 17.

The "sun and planet" mixer comprises a circular tank about 66 ft. in diameter and about 12 ft. in effective depth with a concrete pier about 5 ft. in diameter in the centre, built up to the level of the sides. Upon this pier is mounted the rotating lattice girder carrying the stirrers, of which there are two on each side of the pier. The motor which drives the stirrers through pinions and crown wheels is mounted at the centre. The lattice girder is not positively driven, but receives its motion indirectly from the reaction between the stirrer arms and the slurry, this being sufficient, unless the tank is nearly empty of slurry, to rotate the whole at about half a revolution per minute.

An improved type of air agitated slurry mixer recently introduced in the United Kingdom takes the form of a circular tank in which a lattice girder arm is arranged to rotate with its pivot at the centre, and its extremity on the side of the tank. On this girder arm are mounted a number of vertical air supply pipes which reach nearly to the bottom of the tank where they are curved backwards. The arrangement is very light and takes but 6 h.p. for a tank containing 750 tons of slurry. The air pressure used is 10 lb. per sq. inch.

This air-agitated slurry mixer by Ernest Newell & Co., Ltd., is shown in Fig. 18.

(To be continued.)

## Cement Dust and Vegetation.

In view of the statements sometimes made that dust from cement works may be harmful to vegetation, the following note by Mr. A. J. R. Curtis (of the American Portland Cement Association) which appeared recently in "Rock Products," is of interest:

Sometimes the fact that a plant is located in a poor agricultural district leads to the mistaken inference that the mill has brought about this condition; on the other hand, many plants are located in the midst of unusually productive agricultural areas. Much of the fear that dust from a cement mill may be harmful probably comes from a lack of understanding as to what this dust is and in what quantities it is ordinarily given off.

In the process of cement manufacture, calcareous and argillaceous materials are used as raw materials for the kilns. The limestone predominates heavily in the mixture, which varies according to the analysis of the rock. When introduced into the kiln a very small proportion of this finely-divided raw material is blown into the stack before it reaches the calcining zone in the kiln. In the stack its progress toward open air is deterred, usually by means of electrical or other equipment, so that only a very meagre proportion of the originally small amount of stack dust is actually liberated into the surrounding atmosphere. Investigations have shown that most of this dust falls within a short radius, leaving only the impalpable powder to float greater distances through the air. While containing an infinitesimal volume, these particles are quite visible in the air, just as in the case of tobacco smoke.

An inspection of the analysis of dust collected around crusher houses and stack bases is interesting. It apparently contains little, if any, finished cement. The principal constituents found are calcium oxide, carbon dioxide, silica and lesser quantities of oxides of iron, aluminium and magnesium. In an exhaustive investigation of dusts undertaken a few years ago by the United States Public Health Service the following analysis was found in the case of dust collected in a cement mill crusher department:

	Per cent.
Silica ( $\text{SiO}_2$ ) ... ... ... ... ... ... ...	15.70
Iron and aluminium oxides ... ... ... ... ... ...	6.20
Lime (calcium oxide) ... ... ... ... ... ...	41.93
Magnesium oxide ... ... ... ... ... ...	2.64
Carbon dioxide, water and other organic matter ... ...	33.45
 Total ... ...	 99.92

The most interesting deductions concerning this analysis are made after comparing it with the following analysis of a good agricultural lime fertiliser, supplied by the National Fertilizer Association as typical of a class:

	Per cent.
Silica ( $\text{SiO}_2$ ) ... ... ... ... ... ...	7.41
Aluminium oxide ... ... ... ... ...	1.91
Iron oxide ... ... ... ...	0.98
Magnesium oxide ... ... ... ...	18.17
Lime (calcium oxide) ... ... ... ...	28.29
Other oxides ... ... ... ...	1.20
Carbon dioxide ... ... ...	41.57
Water ... ... ...	0.57
 Total ... ...	 100.10

While no two samples of either the dust or the fertiliser would yield the identical analysis except by chance, the above analyses are believed to be quite typical; samples of dust taken at a short distance from the mill might show relatively less silica, if, as is commonly supposed, the latter constitutes the larger and heavier of the stack particles.

It is noted that in a high-grade commercial lime fertilizer the combined calcium and magnesium oxides form 46.46 per cent. of the total, while in the stack dust the percentage of these valuable fertilising elements totals 44.57 per cent., practically as high carbon dioxide and water total 42.14 per cent. in the commercial limestone and 33.45 per cent. in the stack dust. While the two analyses above vary considerably in silica content, the possible excess of silica in the dust is mechanically advantageous to the soil and could have no harmful effect on vegetation, as this substance is entirely inert.

These analyses indicate quite clearly the valuable nature of cement mill dust as a fertiliser; in fact, if there is any difference in availability as between the ordinary commercial limestone product and the mill dust, the advantage is with the latter, which is more finely divided, while the former is usually applied in coarser and therefore less readily available form. It will be remembered that systematic liming of the soil is advantageous for all field crops and is generally resorted to at great expense.

The question occasionally arises as to the possibly harmful effect of accumulations of dust on the leaves of various plants. A practical answer may be obtained by examining corn or other crops growing so near stone roads as to become very dusty. Such plants are invariably as strong and flourishing as similar vegetation comparably located away from the road. The technical reason is that the plants are unaffected by accumulations on the upper surfaces of the leaves, which serve the purpose of shields to protect the stomata, or breathing cells, on the under surfaces.

As to the possibility of cement dust reacting with moisture on the surface of leaves and in that way causing mechanical injury to the plant, Professor R. Ewert, a German chemist, who has made the only exhaustive report on the subject that we know of, states that his experiments in the vicinity of several German cement mills disproved the theory entirely. Professor Ewert's experiments in artificially treating various garden plants with cement dust in an experimental plant in Upper Silesia are interesting. The dusting of the plants was performed so frequently that all newly formed leaves were covered. He says of his experiments in 1916 and 1917:

"The plants treated by cement dust and other kinds of dust in 1916 without exception brought the highest harvest results; on the average the same held true in 1917. Only cucumbers treated with limestone dust for some unknown reason were prematurely ripe, while cucumbers near an operating cement factory were sound although they were exposed to equally as strong a dust mantle."

After a series of experiments extending over several years, Professor Ewert summarises his findings as follows:

(1) Cement or lime dust hinders to a certain extent the complete admission of the sunlight and thus under normal conditions retards the assimilation process of the leaves to some extent, but, its favourable influence upon the harvest results weighs heavily on its credit side. On the other hand it assists the plant to weather drought periods by covering the cuticle of the epidermis cells and preventing too strong transpiration.

(2) The pores with slit openings on the top side of the leaves are not plugged by the dust.

(3) An unfavourable influence upon the fructification of the flowers from cement dust and lime dust could not be proved, even corn did not give any indication of disturbance to the fructification.

(4) Cement and lime dusts protect cultivated plants from pests and parasitic fungi to a considerable degree.

(5) Owing to the lime, the dusts escaping from a cement factory benefit the soil and the useful bacteria.

(6) The influence of cement and lime dusts is generally more beneficial than harmful, which is also indicated by the average results from the experiments.

## Notes from Abroad.

### New French Cement Company.

A company called the S.A. des Chaux et Ciments Desfontaines has been formed for the manufacture of cement and lime.

### Cement Industry in Hungary.

It is understood that the total Hungarian cement production for 1930 shows a reduction of 20 per cent. compared with that for 1929.

### Japan-China Cement Agreement.

The "Japan Chronicle" states that seven Japanese cement producers have been approached by the Chinese producers and are inclined to conclude an agreement.

### Japanese Cement Company.

At a meeting of the Asano Portland Cement Co., Ltd., Taijiro Asano was elected to succeed his late father, Soichiro Asano, as President. Ryozo Asano, the second son, was elected vice-president.

### Rumanian Cement Industry.

The production of cement in Rumania during 1930 amounted to 270,000 tons, compared with 300,000 tons during 1929. The position is, however, considered satisfactory.

### Cement Industry in the U.S.A.

The following figures have been compiled by the U.S.A. Bureau of Mines for the year 1930 (corresponding figures for 1929 are given in brackets):

Production, 160,905,000 bls., 61.5 per cent. of capacity (170,198,000 bls., 66.4 per cent.); despatch, 158,744,000 bls. (169,437,000 bls.); number of plants operating, 165 (165).

### Cement Companies' Dividends.

The following dividends have been declared for the year 1930 (the figures in brackets are the corresponding profits and dividends for the previous year): Australian Cement, Ltd. (amalgamated with Kandos Cement Co., Ltd.), 4 per cent. (10 per cent., 5 per cent. bonus); S.A. des Cimenteries et Briqueteries Réunis, Belgium, 75 francs; S.A. des Ciments Portland Belges d'Harmignies, Belgium, 3,554,299 fr., 42.90 fr. (3,628,063 fr., 42.90 fr.); Ciments de l'Escaut, 4,476,176 fr., nil (4,161,807 fr., nil); Melon Cement Co., Chile, dividend \$8.00 (\$8.00); Lehigh Portland Cement Co., U.S.A., \$2,105,993, \$1.46 (\$2,737,476, \$2.78).

## Notes from the Foreign Press.

Abstracted by J. W. CHRISTELOW, B.Sc.

### Fine Grinding of Cement. E. RISSEL. *Zement*, Vol. 19, p. 1079, 1930.

The permeability of concrete is much more susceptible than the crushing strength to variations in the fineness of the cement used. Three cements, of identical composition but ground to different finenesses, were tested as a 1:6 plastic mortar. The cements showed 28.6, 11.1 and 6.9 per cent. residues on the 250 (per inch) sieve, respectively. The crushing strengths of the mortars were in the ratio 1:1.9:2.2; the permeabilities were 56:1:0, or, expressed in cc. per sq. cm. per hour, 0.0500:0009:0, for a water pressure of 1.3 atmospheres. The experiments are being continued, and the effect of the composition of the cement on permeability will also be investigated.

### Movement of Material and Power Consumption in a Rotary Kiln. A. NILSSON. *Zement*, Vol. 19, p. 1105, 1930.

The following formula is evolved for the power consumption in the rotary kiln:

$$N = \frac{Ll \sin^2 \alpha}{2.7 p} \text{ H.P.}$$

where  $L$  is the kiln charge in tons per hour,  $l$  the kiln length,  $\alpha$  the angle the surface of the material makes with the horizontal, and  $p$  the percentage inclination of the kiln. In applying the formula it must be remembered that  $\alpha$  and  $L$  vary for the different kiln zones; thus  $L$  depends on the content of  $\text{CO}_2$  and water, while  $\sin \alpha$  can have the value 1 in the clinkering zone. The power consumption for the various zones can be calculated.

### Indirect Determination of Lime in Cement, etc., by means of Sodium Oxalate prepared by Sorensen's Method. A. HEISER. *Zement*, Vol. 19, p. 1154, 1930.

In principle, the method consists of adding a weighed (excess) quantity of sodium oxalate to the filtrate (acidified) remaining after precipitation of the aluminium + iron in cement analysis. The calcium oxalate is precipitated by conc. ammonia and removed by filtration. The (excess) oxalate in the filtrate is determined by titration against permanganate, and the calcium obtained by difference. The advantage of using Sorensen sodium oxalate (in place of the oxalic acid recommended in the author's original process), is that it can be obtained analytically pure, non-hygroscopic, and without water of crystallisation. Full details of the method are given.

### Cement-kiln Coolers. E. SCHIRM. *Tonind. Zeit.*, Vol. 54, pp. 1493, 1507, 1521. 1930.

The various types of clinker cooler in use in the cement industry both for rotary and shaft kilns are described with comments on their advantages or disadvantages. The most common type is the separate rotary cooler below the rotary kiln. Other types of cooler in use with the rotary kiln are:

(1) A short rotary cooler in continuation of the kiln and coaxial with it, mounted on a trolley for easy withdrawal. In one form this consists of three coaxial cylinders, the clinker passing from the inner to the outer, which

minimises radiation losses. A sighting tube passes along the axis. In another form circumferential cells take the place of the co-axial cylinders.

(2) The cooler consists of an annular ring built round the lower end of the kiln and continuing beyond it, or alternatively built back along the clinkering zone.

(3) Dust-free hot air for the coal feed is obtained by indirect heat transference, cold air being heated by passage through a number of tubes arranged in the cooler cylinder so as to make contact with the clinker. The main body of air is as usual heated directly by passage through the cylinder.

(4) Water is employed for cooling in a cellular rotary cooler, but this is only employed as subsidiary to an air cooler, to remove the residual heat from the clinker.

(5) The heat of the clinker is used indirectly to preheat the raw materials. The raw materials pass in one direction in the annular space between two concentric cylinders, the hot clinker passing through the middle in the opposite direction. The modern methods of heating the raw materials by means of the waste gases, however, militate against this type of cooler.

(6) The hot clinker is broken up and passed through a series of tubes wound in a spiral round the end of the rotary kiln. The tubes dip in a water-bath below the kiln, the water being continuously renewed, while air passes through the tubes and is directly heated. Stoppages are apt to occur with this cooler.

Shaft coolers are chiefly used with the shaft kiln; several types are described.

#### **The Occurrence of Marginal Cracks in Cement Pats on Air Storage Following Water Storage. H. BURCHARTZ. *Zement*, Vol. 19, p. 265, 1930.**

The cement pats used for the cold-water soundness test often develop radial cracks at the edges on exposure to the air after the normal storage (1 day in air and 27 days in water). This must not be regarded as a sign of unsoundness, but is due to shrinkage on drying out. The number of these cracks is reduced by increasing the period of water storage, and increased by heating the pats for some time at 100 deg. C. More cracks occur in pats with steep sides than with sloping sides, and a greater number of cracks appears if too little gauging water is used. It is necessary, to avoid being misled by the shrinkage cracks, to examine the pats for soundness as soon as possible after removal from the storage water. The new German specification will take account of this by stipulating that the pats should be examined not more than one hour after exposure to the air.

#### **New Process for Measuring the Consistency of Cement Pastes. K. E. DORSCH. *Zement*, Vol. 20, p. 26, 1931.**

The cement paste is filled into an inverted truncated cone, open at both ends, which is allowed to fall a defined distance. The cement shaken out of this mould is collected and weighed and gives a measure of the consistency. The cone is of steel, 3.5 cm. high, and 1 cm. less diameter with an angle of 30° (base angle 75°). The height of fall is 37 cm., and the mould is guided in its fall by cuts fitting in two perpendicular parallel steel rods. The fall is stopped by projections on these steel rods, so that the mould comes to rest just above a crucible in which the material forced out is collected. One hundred grams of cement are mixed for 3 minutes with 28 per cent. water, and the mould filled and smoothed. It is then allowed to fall three times, and after the final fall the paste projecting below is smoothed off by the crucible in which it is collected. The apparatus is so designed that with a paste of normal consistency, between

4.5 and 6.5 g. is collected. A table can be compiled which gives for any cement from the results of a single test the percentage of water required for standard consistency. For example, 4.5 to 6.5 g. indicates correct water; 6.5 to 8.5 g. indicates 1 per cent. too much water, and 2.5 to 4.5 g. 1 per cent. too little. The instrument is accurate with all types of cement, and has great advantages over the Vicat apparatus.

**The Petrography of Fused Aluminous Cement.** K. KOYANAGI. *Zement*, Vol. 20, p. 72, 1931.

Spherolithic crystals were found in considerable quantities in a synthetic aluminous cement, formed from pure  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{SiO}_2$  (47:44:9). Similar crystals were sought in a number of  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  melts, and were found only in the neighbourhood of melts of the composition  $3\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ . It is concluded that one of the main constituents of aluminous cements crystallises in spheroliths, and that it is probable that, in addition to those calcium aluminates put forward by Rankin, another,  $3\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ , exists, which melts at about 1300 deg. C. and crystallises in spheroliths.

**Fine Cement.** A. B. HELBIG. *Zement*, Vol. 20, p. 75, 1931.

The author holds the view that only considerations of cost should limit the fineness to which cement is ground. The finer the grinding the higher the strength, especially at short dates. The opposite results obtained by Kühl and Hauenschmid are considered to be due to the partial set of the finest fraction in the moisture of the air, during air separation, with consequent reduction in strength. The author's recent experiments confirm his views. Thus tests were made with four fractions obtained by the continuous air elutriation of a normal cement, and clearly showed that strength falls as the sieve residues increase. Experiments on cements of mixed grain size also showed that the strength falls as the mean grain size increases. A discussion of grinding media is given, and it is concluded that spheres, cylinders and cubes are the most satisfactory shapes; they may be mixed if desired. These all retain their shape during grinding, which shows that percussion greatly predominates over abrasion. Mills should be started with a mixture of different sizes of the grinding media. An intermediate sieving is necessary in fine grinding.

**Microscopic and X-ray Investigation on Alite.** I. WEYER. *Zement*, Vol. 20, p. 96, 1931.

Homogeneous mixtures of tricalcium silicate and tricalcium aluminate (4:1, 10:1, and 16:1) were burnt at high temperatures, and the products investigated by means of the micrograph, X-ray spectrography and staining, to discover whether tricalcium aluminate can form mixed crystals with tricalcium silicate. The X-ray spectrograms were identical before and after burning, and there was no evidence of mixed crystal formation; at the outside, not more than 3 per cent. of tricalcium aluminate can form mixed crystals with tricalcium silicate.

The microscopic investigation showed a recrystallisation of the tricalcium silicate in the aluminate melt into hexagonal tables and long prisms. The double refraction, optical and crystallographic data of the new crystals are, however, identical with the old. The microscopic investigation shows that in the most favourable circumstances not more than 6 per cent. of tricalcium aluminate can form mixed crystals with tricalcium silicate.

The experiments on staining with patent blue threw doubt on the validity of this method for the purpose in view; even if the method be assumed to be valid, it can only lead to the conclusion that alite contains no alumina.

In conclusion, these investigations show that alite consists of practically pure tricalcium silicate.

**The Growth of Strength of High-Strength Cements.** P. MAY. *Tonind. Zeit.*, Vol. 55, p. 171, 1931.

The crushing and tensile strengths of high strength cements were determined over five years. Both crushing and tensile strengths of two high-strength Portland cements increased up to two years. In the case of a high strength blast furnace cement the maximum tensile strength was attained at three years, and the crushing strength at one year. The following gives a summary of the results in lb. per sq. in.

## TENSILE.

High strength	3 days	3 months	1 year	2 years	3 years	5 years
Portland A	418	589	636	788	784	720
" B	396	666	700	806	734	742
Blast furnace	385	552	698	661	711	818

## CRUSHING.

High strength	3 days	3 months	1 year	2 years	3 years	5 years
Portland A	4772	6660	8145	9471	8504	9143
" B	5089	6887	8390	9456	8196	8731
Blast furnace	3745	9401	11031	9769	9300	9456

In comparison, it may be noted that ordinary cements reach their maximum strength in three to six months.

## Book Review.

**"Belting and its Application."** By J. DAWSON. (London: Chapman & Hall. Price 10s. 6d. net).

Although belt drives are fast becoming obsolete it will be a very long time before they are entirely superseded, and until this time comes the subject matter of this volume will serve a very useful purpose. Practically all driving belts except steel belts are dealt with.

The successive chapters deal with the operation, theory, method of transmission, the design, etc., of belt drives. Elementary mathematics are used in the former chapters, and the methods of transmission are illustrated in subsequent chapters with a series of very clear diagrams. The materials used and the method of selection, preparation, manufacture, and testing of belts are described fully and clearly. Special reference is also made to the design of belts for abnormal operating conditions.

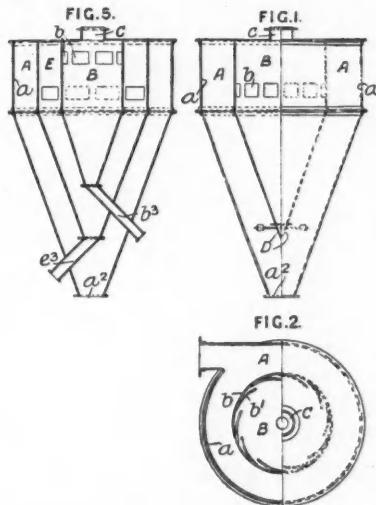
The principal materials discussed are cotton duck, balata, leather, balata with leather, woven hair, leather and laminated leather, cotton duck, and rubber. These materials are traced from their raw condition through the successive stages of manufacture and preparation until the belt is actually produced. The method of jointing belts of most kinds is fully described and illustrated. The relative merits of the different kinds of joints are also considered. One chapter is devoted to the "V" balata rope belt. Typical sections are shown giving the method of construction; the conditions suitable for its application are also fully described.

There is a large number of illustrations and line diagrams in the volume; the illustrations are good and the diagrams clear. A number of tables giving power transmitting capacities is included, together with facsimiles of a number of test certificates dealing with the material and belts. The subject matter technically is sound, although the ratio of pulley diameter to belt thickness as given in the tables appears on the low side. The work is well arranged; a full table of contents is given at the beginning, and a complete index at the end.

## Recent Cement Patents.

**Centrifugal Dust Extractors.** BRITISH REMA MANUFACTURING CO., LTD., and HOWDEN, P., Hubert Works, High Road, Well, Halifax, Yorkshire. July 18, 1929. No. 332,405.

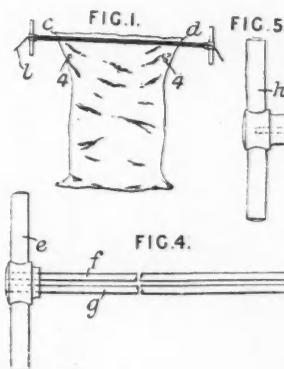
A dust extractor has two chambers (A), (B), figs. 1, 2, each having cylindrical and



conical parts. The dust-laden stream is led tangentially into the cylindrical part (a) of the outer chamber (A); the over-size particles are separated out and drop to the discharge opening ( $a^2$ ). The stream passes through the apertures (b) to the inner chamber (B) where its velocity is increased and the finer particles are separated. The clean gas passes out through the pipe (C), the lower end of which is preferably situated above the apertures (b). The separated particles collect at the bottom of the chamber until the pressure they exert is sufficient to operate the weighted flap (D). With this arrangement air from the outer chamber is prevented from passing through the dust outlet to the inner chamber, and re-mixing is avoided. The apertures (b) are controlled by pivoted vanes ( $b'$ ). In the modification shown in fig. 5 a third chamber (E) is introduced, thus classifying the dust particles in three sections, which are discharged through the outlets ( $a^2$ ), ( $e^2$ ), ( $b^2$ ). The vessels (B), (E), may have weighted flaps of the type shown in fig. 1, if desired.

**Closing Filled Bags.** RAWLINGS, J. D., Syston Court, Mangotsfield, near Bristol, and PAPER SACKS, LTD., Keynsham, Somerset. October 29, 1928. No. 328,621.

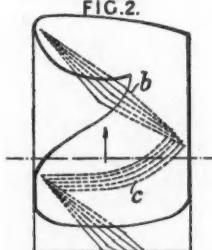
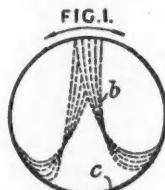
Sacks, bags, etc., are closed by gripping mechanically the unfilled part of the mouth portion, rotating the gripping hold to coil or roll the mouth towards the contents and around a tie member, bending the ends or ears of the coil, and finally securing together the ends or ears by the tie member. The mouth of the filled bag is gripped between parallel bars (f), (g), Fig. 4, of a tool provided with a fixed handle (e) and a removable handle (h), Fig. 5, and a cord, etc. (l), Fig. 1, is laid along the tool. On turning the tool, the mouth of the bag is rolled over on to the filled portion, air escaping through perforations (4). When the handle (h) has been removed, the tool can be withdrawn and the bag secured by bending the ears (c) (d) inwards and tying together the ends of the cord (l). In lieu of a cord, the ears may be secured by staples, etc., before or after being bent over, or a metal seal may be used if a metal band replaces the cord. Alternatively, the ears may be doubled over to form loops and separate cords be passed through the loops after the manner of a half hitch and the free ends of the cords be secured together. The bag may be swung round and round a single



rod which may have forked ends provided with ratchet teeth to hold the securing cord. The bars may be provided with hooks by which a cord may be drawn through the roll as the bars are withdrawn. Specification 111,919 is referred to.

**Rotary Kilns.** FASTING, J. S., 9, Monrads Alle, Valby, Copenhagen. January 24, 1929, No. 2539.

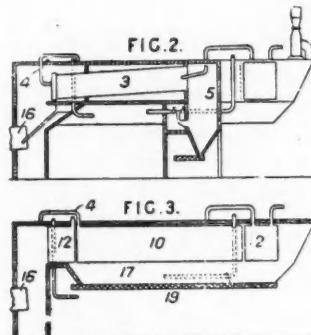
In a rotary kiln for burning material such as cement slurry, in which transfer of heat from the gases to the material is promoted by chains hung loosely in the kiln, the points of suspension of groups of chains, or the lengths of the individual chains within a group, are so chosen that the lower parts of an ascending group of chains (*b*) take the form of a curved scoop-like surface inclined downwards to the discharge end of the kiln. As shown, the points of suspension of the groups and of the chains within a group are successively displaced both peripherally and axially, and by this arrangement a further feeding forward of the material is effected



by the drag of the chains when in their lowermost position, as at (*c*). When the groups of chains are in the same transverse plane the lengths of the chains in a group are varied, the longest ones being nearest the discharge end of the kiln.

**Cement Manufacture.** EIGER, A., 2, Moniuszki Street, Warsaw. Jan. 22nd, 1929, No. 2219.

In the wet process for the manufacture of cement the slurry is dried by steam at a temperature of about 400 deg. C., and the resulting wet steam is reheated for re-use in the drying process, a surplus being available for other purposes. In the plant shown slurry is heated in a tank (2) to about 100 deg. C. and is sprayed into the upper end of a drying-drum (3) at the lower end of which hot steam is supplied by a pipe (4). The



wet steam is drawn off from the chamber (5), part being returned to the drying-drum through the heater (10), while the remainder for use elsewhere is passed to a superheater (12). The waste gases from the burning-drum (16) pass over the superheater (12), heater (10), slurry tank (2), and an apparatus for heating the air for combustion. Any cement dust which settles in the chamber (17) is returned to the furnace by the screw (19).

[The foregoing are taken from "The Illustrated Official Journal" (Patents) by permission of H.M. Stationery Office. Copies of full Specifications may be obtained from the Patent Office, 25, Southampton Buildings, W.C.2, price 1s. each.]

**For List of Up-to-date Books on Concrete**

*Send a postcard to*  
**CONCRETE PUBLICATIONS LTD.,**  
20 Dartmouth Street, London. S.W.1.

**PATENTS.**

THE Proprietors of the Patents Nos. 291784\* and 300464 for Improvements in or relating to Processes of Curing Cementing Materials are desirous of entering into arrangements by way of licence and otherwise on reasonable terms for the purpose of exploiting the same and ensuring their full development and practical working in this country. All communications should be addressed in the first instance to Haseltine, Lake & Co., 28, Southampton Buildings, Chancery Lane London, W.C.2.

## Notes from Abroad.

### Increased Capital of Belgian Cement Company.

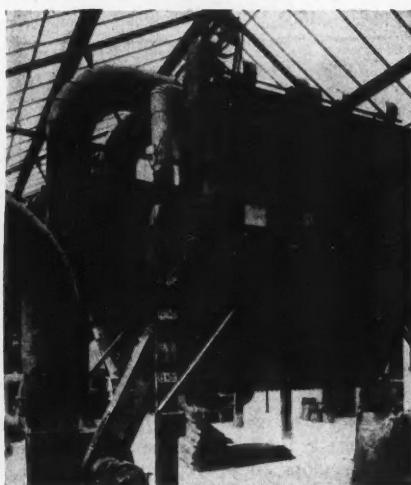
The S.A. des Ciments J. van den Heuvel, Hemixen, has decided to increase its capital to 15 million francs (£85,714) by the issue of 5,000 new shares with a nominal value of 1,000 francs each share.

### American Cement Company Reports.

The profits of American cement companies for 1930 produce the following equivalent dividends (the figures in brackets are the corresponding profits for the previous year): Missouri Portland Cement Co., net profit, \$1,205,832, dividend equivalent to \$4.02 (\$1,312,987, \$4.38); Lawrence Portland Cement Co., \$763,302, \$10.18 (\$476,725, \$6.35); North American Cement Corp., \$263,092, \$5.09 (\$282,294, \$5.48); Alpha Portland Cement Co., \$1,248,353, \$1.56 (\$1,815,018, \$2.35); Wolverine Portland Cement Co., \$32,038, \$0.32 (\$81,809, \$0.81); International Cement Corp., \$4,527,745, \$7.12 (\$4,950,433, \$7.88); Giant Portland Cement Co., \$111,518, \$2.96 (\$84,261, \$2.26); Pennsylvania-Dixie Cement Corp., \$587,461 (\$332,268).

### Cement Companies' Dividends.

Profits and dividends declared for the year 1930 (the figures in brackets are the corresponding profits and dividends for the previous year): S.A. des Chaux Hydrauliques et Ciments d'Algérie, Algeria, 300 p. gross dividend (250 p. gross); S.A. des Ciments Portland Artificiels de Cronfesto, Belgium, 1,461,724 fr., no dividend (2,003,612 fr., 35 fr. gross); S.A. des Ciments Meuse-Brabant, Belgium, 1,074,654 fr., 20 fr. (1,780,268 fr.,



**"VESCO"**

ENGINEERING CO. LTD.  
162 GROSVENOR ROAD, LONDON SW1

Telephone: VICTORIA 6531-2.

Telegrams: CURTMIC, CHURTON,  
LONDON.

• • • • there is  
no dust problem  
where  
**"VISCO"**  
**DUST COLLECTORS**  
are  
**INSTALLED.**

Makers of "VISCO"  
Heating & Ventilating  
Plant, Water Cooling  
Towers, Sheet Metal  
Work, etc.

33.15 fr.) ; Canada Cement Co., Canada, \$3,132,150, \$0.33 (\$3,171,115, \$0.39) ; Stettiner Portlandzementfabrik, Stettin, nil (6 per cent.). The Slovakische Portlandzementfabriken Lietavyska-Lucka-Ladce A.G. has declared a profit of 14,836,000 cr. and a dividend of 75 per cent. for 1929, compared with 12,259,000 cr. and 75 per cent. for 1928.

#### German Cement Company Reports.

The following profits and dividends have been declared by German companies for 1930 (the figures in brackets are the corresponding profits for the previous year) : Wurtembergisches Portland Zementwerk, RM 584,398, 10 per cent. (RM 637,053, 12 per cent.) ; Portland-Zementfabrik Hemmoor, 10 per cent. (15 per cent.) ; Portland Zementfabrik Hardegsen A.G., nil (10 per cent.) ; Bonner Bergwerks-und Hütten-Verein A.G., nil (10 per cent.) ; Zement-und Kalkwerk Rombach A.G., loss of RM 2,500.

#### French Cement Company Reports.

Profits and dividends declared by French cement companies for the year 1930 (the figures in brackets are the corresponding profits for the previous year) : Soc. Coloniale des Chaux et Ciments Portland de Marseille, net profit, fr. 4,827,324, dividend 12 per cent. (fr. 4,194,199, 12 per cent.) ; Soc. des Ciments de Neuville sur Escaut, fr. 287,973 (fr. 74,576) ; S.A. des Chaux et Ciments Portland du Haute-Rhin, fr. 3,487,260, 15 per cent. (fr. 2,160,000, 10 per cent.) ; Soc. des Ciments et Chaux de Neufchatel, fr. 1,340,203 (fr. 373,836) ; Soc. des Ciments du Paradou, loss of fr. 106,260.

# QUARRY and OPEN-CAST MINING SHOVELS



The illustration above shows one of the twenty-three Ruston-Bucyrus Excavators owned by L'Union Minière du Haut-Katanga.

These full-revolving shovels bring lower costs. Combining rugged strength, power and speed with reach and steady output, these shovels accurately meet the needs of quarries and open-cast mines.

Perhaps you've made good profits without a Ruston-Bucyrus machine. Have you compared the digging costs?

Let Ruston-Bucyrus give you practical estimates for any size machine—2, 2½, 3, 4 and 5 yards. *Tell us your problem!*

**RUSTON —  
BUCYRUS**

**RUSTON-BUCYRUS, LTD.**  
LINCOLN — ENGLAND.

### Norwegian Cement Works Improvement.

We understand that the Nordland Portland Cementfabrik A.-S. has resumed work at Tysfjord and that the packing plant is to be reconstructed.

### New Italian Cement Works.

A company has been formed to develop a limestone quarry suitable for the manufacture of cement at Modugno, near Bari, Apulia. Previously cement works in Apulia were dependent on Yugoslavia for limestone supplies.

### Imports of Cement into Morocco.

A report of the Department of Overseas Trade states that imports of cement into the French zone of Morocco during 1929 amounted to 148,355 tons (value, 32,341,000 frs.) of which British cement totalled 248,000 frs., the main exporters being France and Belgium. The corresponding figures for 1929 were 84,632 tons (value 18,400,000 frs.) of which none was British.

### Belgian Cement Company Reports.

The following profits and dividends have been declared by Belgian cement companies for the year 1930 (the figures in brackets are the corresponding figures for the previous year): S.A. des Ciments de Vise, net profit, fr. 1,039,529, dividend, fr. 31.20 (pref.), fr. 78 (ord.), (fr. 1,732,945, fr. 52.65, fr. 163.80); S.A. des Cimenteries et Briqueuteries Réunies, fr. 22,671,135 (net), fr. 60 (gross), (fr. 17,019,757, fr. 50); Soc. Continentale des Ciments, fr. 1,985,223, nil (fr. 3,989,670, fr. 40); "Cannon Brand" Artificial Portland Cement Works Co., Ltd., fr. 3,112,628, fr. 9.75 (pref.), (fr. 1,578,947, fr. 9.75); S.A. des Ciments de Haren, fr. 514,021, nil.

### Egyptian Cement Company Report.

The Soc. Egyptienne de Ciments Portland Tourah has declared a net profit of £E2,291 for the year 1930.

### Indian Cement Company Report.

The Punjab Portland Cement Co. has declared a profit of 2,00,426 Rs. and a dividend of 5 per cent. for 1930, as compared with 1,88,055 Rs. and 5 per cent. for the previous year.

### Swiss Cement Companies' Reports.

The Soc. des Chaux et Ciments de la Suisse Romande has declared a profit of Sw. fr. 322,654 and a dividend of 6 per cent., as compared with Sw. fr. 408,536 and 6 per cent. for the previous year. Corresponding figures for the Likonia A.G. are Sw. fr. 409,347, 6 per cent. (1930), and Sw. fr. 401,000, 6 per cent. (1929).

## Trade Notice.

**Crushers.**—Messrs. Edgar Allen & Co., Ltd., of Imperial Steel Works, Sheffield, have issued a new edition of their "Stag Single Roll Crusher" pamphlet. This deals with a machine suitable for reducing coal, chalk, lump lime, etc., from 4 in. down to about 1 in. cube. The pamphlet gives full specifications of the machine, with the approximate output in tons per hour, and gives details of the information required to enable enquiries to be dealt with promptly.

C E M E N T  
AND  
CEMENT MANUFACTURE  
LE JOURNAL INTERNATIONAL DU CIMENT EN QUATRE LANGUES.

**PARTIE FRANÇAISE**

PUBLIÉ PAR : CONCRETE PUBLICATIONS, LIMITED,  
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ANGLETERRE.

Publié le 20 de chaque mois.      Prix du numéro, 2 schellings.  
Abonnement annuel, 24 schellings (Fr. 150), franco.

**Instruments de mesure et instruments  
enregistreurs pour fours rotatifs.—III.**

par A. C. DAVIS.

DIRECTEUR ADMINISTRATEUR DES USINES DES ASSOCIATED PORTLAND CEMENT  
MANUFACTURERS, LTD.

**Pyromètres optiques.**

Dans la zone de scorification d'un four rotatif, la température de la charge est d'environ 1500°, et celle de la flamme est encore plus élevée; l'emploi d'instruments tels que les pyromètres est par suite impossible, car ils fonctionnent par contact avec les matières dont la température est à relever. On est ainsi conduit à employer un instrument mettant en jeu, soit des phénomènes optiques, soit la chaleur rayonnée par les matières. Dès qu'un corps atteint une température suffisamment élevée, une partie de son énergie calorifique devient visible sous forme lumineuse; on a souvent tiré partie de ce phénomène, connu depuis très longtemps, et de nombreuses industries le mettent encore à profit pour déterminer certaines températures. On peut dire du reste que l'œil humain est le plus ancien pyromètre connu; malheureusement, une méthode basée sur des impressions visuelles ne peut être d'aucun secours lorsqu'il s'agit de mesures précises, car il est rare que deux observateurs les ressentent avec la même intensité. Lorsque l'on cherche à apprécier ainsi l'éclat lumineux d'un objet, la vue est influencée par sa masse, et par la durée même de l'accommodation; la luminosité relative de l'ambiance modifie en outre l'éclat lumineux apparent du corps observé. Ce sont les mêmes raisons qui s'opposent à l'obtention de résultats comparables et précis avec les pyromètres optiques qui comportent l'emploi d'un écran absorbant entre le corps lumineux et l'œil de l'observateur, sauf si ce dernier bénéficie d'une longue expérience.

La figure 32 (page 518) représente un pyromètre de forme simple, que l'on peut classer parmi ceux qui viennent d'être mentionnés en dernier, et qui a été mis au point tout récemment. L'appareil consiste en un verre d'environ 15 cm de longueur; ce verre est fumé, et son opacité augmente d'une extrémité à l'autre. Le verre est monté dans un cadre, sur lequel se déplace un oculaire. L'étalonnage du pyromètre se fait au moyen d'une bougie éalon; l'observateur déplace l'échelle graduée par rapport à l'oculaire, jusqu'à ce qu'il ne perçoive plus l'image de la bougie. Cet emplacement correspond à une température bien définie et parfaitement connue, et on y trace un repère pour s'y reporter ultérieurement. Pour qu'un observateur quelconque puisse se servir de l'instrument, il faut qu'il compare sa vue avec celle de la personne qui a étalonné le pyromètre; il procède à cette opération en reprenant la bougie éalon, et en notant de combien de divisions l'oculaire a été déplacé vers le haut ou vers le bas de l'échelle, au moment où il ne percevait plus l'image de la bougie. L'observateur possède alors des données nécessaires pour observer le corps lumineux dont il veut connaître la température; il déplace le verre fumé par rapport à l'oculaire, jusqu'à ne plus voir le corps chaud. Il relève alors sur l'échelle la température non corrigée, à laquelle il faut ajouter ou soustraire le nombre de divisions qui sépare le repère tracé lors de l'étalonnage, et le repère qui correspond à l'étalonnage qu'il a fait pour son compte personnel.

La figure 33 (page 519) représente un pyromètre optique d'un autre genre, qui donne des résultats très sûrs; il comporte un filament chauffé électriquement. Le filament est "vieilli" par un procédé spécial, pour éviter toute modification qui pourrait se produire ultérieurement dans le rapport qui lie son éclat lumineux à l'intensité du courant; il est monté dans un tube muni d'un système optique, qui permet de concentrer l'image du corps lumineux examiné en un point du tube voisin du filament. Le filament est monté en série avec un ampèremètre et une résistance variable, que l'on manœuvre pour modifier la température du filament, jusqu'à ce que son éclat lumineux corresponde à celui de l'image du corps chaud. En manœuvrant la résistance, on agit sur le courant, dont on fait varier l'intensité; cette intensité se lit directement en degrés de température sur l'ampèremètre, préalablement étalonné à cet effet. La sensibilité de la vue est telle qu'il est possible de déceler de très petites différences entre l'éclat lumineux du filament et celui du corps chaud, et la lecture de différences aussi faible que  $2^\circ$  ne présente aucune difficulté, même à  $500^\circ$  C.

Il existe plusieurs sortes de pyromètres qui utilisent la chaleur rayonnée par un corps noir, et ils comportent tous un système optique qui concentre en un même point les ondes calorifiques qu'il émet. On sait que les rayons calorifiques émanant du soleil, lorsqu'ils tombent sur une lentille, se concentrent en son foyer, où ils deviennent capables d'enflammer un objet. Il en est de même pour un pyromètre basé sur le rayonnement calorifique, que l'on concentre au foyer de la lentille, où il agit sur thermo-couple, ou sur tout autre dispositif susceptible d'indiquer la température; c'est le principe du pyromètre Féry, qui a été réalisé sous diverses formes.

Le premier appareil de ce genre (fig. 34, page 519) était lourd et encombrant; son système optique nécessite l'emploi d'un trépied, car il faut mettre au point sur l'objet. Cette disposition a été perfectionnée, et l'on dispose maintenant d'un instrument à main (représenté fig. 35, page 520), avec lequel il est inutile d'amener l'image au foyer, à condition de tenir compte des instructions jointes, qui sont simples. Ce genre de pyromètre donne des résultats très précis, à condition que la surface du corps noir ait l'étendue voulue pour recouvrir toute la surface de l'objectif du système optique.

Le terme corps noir prête très souvent à confusion ; les corps noirs proprement dits ne réfléchissent aucune fraction de la lumière qu'ils reçoivent d'une source placée à proximité, mais absorbent au contraire tous les rayons incidents. L'intérieur d'un four se comporte comme un corps noir, si du moins l'orifice par lequel on fait les observations est petit, car la totalité du rayonnement calorifique ne peut ainsi émaner que de l'intérieur du four. Si par contre un objet est à même de recevoir de la lumière d'une source extérieure, comme le soleil, ou s'il ne constitue pas un corps noir proprement dit, une partie de l'énergie rayonnante sera, ou absorbée, ou réfléchie par sa surface, et les indications du pyromètre sont inexactes. Un objet qui, dans certaines conditions, peut constituer un corps noir proprement dit, peut perdre cette qualité par suite de la formation, au contact de l'air, d'une pellicule oxydée. On voit que, le cas échéant, il faudra opérer avec le plus grand soin pour employer les instruments de ce genre. Ajoutons que la zone de scorification d'un four rotatif répond à la définition des corps noirs.

Un autre genre de pyromètre à rayonnement (fig. 36, page 521) comporte une lame en bi-métal enroulée en spirale. Un système optique concentre le rayonnement calorifique sur la spirale en bi-métal, et, par suite de la dilatation différente des deux métaux qui constituent la lame, le diamètre de la spirale tend à augmenter ou à diminuer, selon la température de l'objet examiné ; les mouvements de la spirale se communiquent à une aiguille, qui se déplace sur une graduation circulaire. L'instrument est muni d'organes compensateurs, qui le rendent insensible aux variations de la température ambiante, et à la chaleur qu'il peut recevoir par rayonnement ; il mesure environ 20 cm de longueur et 6 cm de diamètre, et on l'emporte par suite facilement sur soi. Il ne nécessite ni mise au point, ni réglage d'aucune sorte, et les indications recherchées s'obtiennent par suite très rapidement.

#### Poste de pesée du combustible.

A de rares exceptions près, on emploie le charbon à l'état pulvérisé pour produire la haute température que nécessitent les transformations chimiques dont un four rotatif est le siège. Les exceptions concernent généralement des usines, ainsi situées qu'elles peuvent se ravitailler à bon compte en huile lourde. Lorsque l'on emploie de l'huile lourde, il est facile d'en connaître la quantité consommée, en utilisant l'un des nombreux compteurs existants, du type tournant, ou du type à déplacement. Nous ne nous étendrons pas davantage sur ce genre d'appareils, car l'emploi des combustibles liquides est très limité. La figure 37 (page 521) représente un compteur par déplacement, vu en coupe.

Lorsque l'on se sert de charbon, on le pèse ou le mesure généralement avant de le transformer en charbon pulvérisé. Depuis que l'on emploie des pulvérisateurs individuels pour alimenter les fours rotatifs, il est devenu relativement facile de régler l'allure de la combustion, en intercalant une balance, ou tout autre appareil de mesure, entre la trémie à charbon brut, et le pulvérisateur. On pèse généralement le charbon au moyen d'une balance à caisse de pesée, mais il est souvent plus simple d'installer un compteur volumétrique, les volumes étant ensuite traduits en poids.

Ce dernier dispositif est représenté par le compteur " Cubimeter " que l'on voit figure 38 (page 522). Il est constitué par un convoyeur à courroie de faible longueur, bordé des deux côtés par une tôle verticale fixe, et d'un panneau mobile autour de son axe de suspension, dont la position varie avec la hauteur

de la couche de charbon. Par intégration, on obtient le volume de charbon transporté pendant un temps donné, renseignement qui se transmet à un appareil indicateur ou enregistreur, sous forme de débit horaire, en kilogs ou en tonnes. Ce mode opératoire ajoute à l'enregistrement automatique de la consommation l'avantage d'indiquer continuellement le débit instantané. La conversion du volume en poids fait intervenir une constante qui varie selon les différentes qualités de charbon et son humidité; il faut par suite vérifier régulièrement la densité du charbon.

Si l'on veut que les mesures s'appliquent au charbon à l'état pulvérisé, la seule solution est d'entreposer le charbon moulu dans un accumulateur, et de l'en extraire au moyen d'une vis transporteuse, dont un compteur enregistre le nombre de tours, comme d'habitude. A première vue, cette méthode semble devoir donner des résultats satisfaisants, mais malheureusement le charbon n'est pas fourni régulièrement à la vis par la trémie d'entrée, et par moments la vis tourne plus ou moins à vide; en outre, le charbon bourre dans la vis d'une façon très variable.

#### Arrivée d'air au four.

Le volume total d'air nécessaire à la combustion du combustible arrive dans le four comme air primaire et comme air secondaire; l'air primaire est refoulé dans le four avec le combustible, à la même température que l'air ambiant, ou à une température supérieure; l'air secondaire parvient au four après avoir traversé le refroidisseur, faisant partie intégrante ou non du four, à l'intérieur duquel se produit l'échange de chaleur entre le clinker chaud, et l'air frais qui arrive du dehors. Il est presque impossible de mesurer avec précision la quantité d'air secondaire, car il ne passe pas en totalité par le refroidisseur, en raison de la quantité d'air considérable qui s'infiltre par les assemblages tournants du refroidisseur au four, et du four à la caisse à flammes. On se borne par suite à installer un poste de mesure sur la conduite d'air primaire, en un point judicieusement choisi; plusieurs dispositifs peuvent être employés à cet effet.

Le dispositif le plus courant est le tube de Pitot, qui consiste en deux tubes de petit diamètre, l'extrémité de l'un faisant un angle droit avec la direction du vent, tandis que l'extrémité de l'autre est repliée face au vent. Ces extrémités des deux tubes sont montées à l'intérieur du conduit, sur le trajet de la veine gazeuse correspondant au débit moyen, et les extrémités opposées des tubes sont branchées sur un manomètre différentiel.

Quand il s'agit d'une surpression, comme pour le refoulement du ventilateur, le tube faisant l'angle droit avec la direction du vent reçoit la pression statique, et le tube faisant face au vent reçoit à la fois la pression statique et la pression dynamique, autrement dit la surpression totale.

Si les deux tubes sont reliés aux deux branches d'un même manomètre, ce dernier indique par différence la pression dynamique seule.

Les conditions sont un peu différentes s'il s'agit d'une dépression, comme pour l'aspiration du ventilateur. Le tube faisant l'angle droit avec le vent donne la dépression totale, et le tube faisant face au vent indique la différence entre la pression statique et la pression dynamique; les indications se transmettent aux deux branches d'un manomètre en "U."

Pour une conduite donnée, connaissant la pression dynamique du gaz en circulation, la section du tube, et la température du gaz, une formule simple permet de calculer le débit par unité de temps. Le tube de Pitot donne des

résultats très satisfaisants pour l'air, si du moins les mesures sont prises en amont du point où s'introduit le charbon pulvérisé; ce dispositif ne peut par contre s'appliquer en aval du même point, car en raison de leur faible section, les tubes seraient rapidement engorgés. Le tube de Pitot primitif a reçu des modifications permettant, paraît-il, de l'employer pour les gaz, même tenant des matières pulvérulentes en suspension; la figure 39 (page 524) représente un dispositif de ce genre, mais il est bien préférable d'installer le tube en amont de l'arrivée du charbon pulvérisé.

On peut également utiliser le cône de Venturi (fig. 40, page 524) pour mesurer un débit gazeux; ce dispositif est basé sur l'augmentation de vitesse que produit un étranglement, et la différence de pression qui en résulte est relevée en deux points de la conduite, relativement peu distants l'un de l'autre. Un des avantages du cône de Venturi est que l'ensemble du dispositif n'occasionne qu'une très faible perte de pression, car si les sections de part et d'autre du point d'étranglement sont dans la proportion voulue, on récupère 85% de la perte de charge correspondant à la transformation de la pression en vitesse. Comme pour le tube de Pitot, on emploie pour mesurer la différence des pressions un manomètre à colonne d'eau, ou tout autre dispositif; la graduation peut être établie par étalonnage en volumes débités.

Lorsqu'il n'est pas commode d'installer un cône de Venturi, qui occupe généralement une grande longueur sur la tuyauterie, on peut employer un diaphragme étrangleur, qui consiste (fig. 41, page 524) en une rondelle dont le trou central est d'un diamètre inférieur à celui de la conduite, et que l'on dispose, faisant un angle droit avec la direction du vent. La rondelle constitue le diaphragme étrangleur, et crée une grande différence de pression entre l'amont et l'aval; on mesure cette différence au moyen d'un manomètre, gradué en hauteur de colonne d'eau, ou en débits. La chute de pression due à l'étranglement est généralement de plusieurs centimètres de colonne d'eau, et cette chute correspond à une perte de pression non récupérable.

#### Température du clinker.

A la sortie d'un refroidisseur, faisant ou non partie intégrante du four, la température du clinker doit être aussi basse que possible, car d'une part il doit avoir cédé à l'air secondaire la plus grande quantité possible de sa chaleur, et d'autre part il s'agit de pouvoir assurer dans des conditions satisfaisantes sa manutention au moyen d'un convoyeur à courroie, ou autrement. Dans les conditions normales de marche, la température du clinker devrait tomber bien au dessous de 95°. Il n'est pas possible d'installer pour la température du clinker un poste de mesure continue, car cette température est en dehors de la limite inférieure d'application des appareils optiques et des appareils basés sur le rayonnement; il serait d'autre part très difficile d'employer un pyromètre, car le refroidisseur tourne, et, en raison de sa nature abrasive, le clinker dégraderait rapidement les pièces en contact avec lui. En général, on fait de temps à autre un prélèvement de clinker, dont on prend la température à l'aide d'un thermomètre ordinaire.

#### Pertes par rayonnement et convection.

On est amené à relever fréquemment la température de l'enveloppe du cylindre cuiseur ou refroidisseur, car seul ce renseignement permet de calculer ses pertes par rayonnement et convection. Il existe différents procédés pour connaître cette température, qui est inférieure, ou au plus égale à 260°.

Il est particulièrement commode d'employer un pyromètre spécial comportant une pièce à dilatation différentielle, de 12 mm environ d'épaisseur et 200 mm de longueur, en forme d'arc sous-tendu, et fixée dans une armature légère à l'extrémité d'une longue poignée; il suffit de mettre la pièce en arc sous-tendu en contact avec la surface dont la température est à relever. La température est indiquée par une aiguille, comme d'habitude.

Une autre méthode pour la mesure directe des pertes par rayonnement et convection est l'appareil, dit indicateur de perte superficielle de chaleur; quoique ne donnant pas des résultats aussi précis que d'autres procédés plus laborieux, cet appareil présente l'avantage, dû à sa simplicité, de donner rapidement les indications voulues, sans calculs pénibles.

La figure 42 (page 525) représente schématiquement ce dispositif, utilisable pour les surfaces planes seulement, et la figure 43 (page 526) en montre l'extérieur, vu par devant et par derrière. La partie essentielle de l'appareil est un petit réservoir, sur lequel est branché un manomètre très sensible; ce réservoir communique librement avec l'extérieur par un tube, capillaire à son extrémité. Quand la paroi réceptrice du réservoir intercepte un écoulement de chaleur, la pression de l'air qu'il contient augmente, proportionnellement à la quantité de chaleur reçue. Sous cette augmentation de pression, une partie de l'air s'échappe par le tube capillaire; un état d'équilibre s'établit lorsque, par unité de temps, la perte d'air, due à la dilatation, compense exactement l'augmentation de pression, due à la chaleur reçue par l'air. Il suffit de relever cette pression d'équilibre, et de cette donnée on déduit aisément la quantité de chaleur cédée à la paroi par unité de temps.

La paroi réceptrice du réservoir est pourvue sur ses deux faces d'un revêtement noir mat, alors que les autres parois sont polies. Le réservoir lui-même est logé dans les creux d'une chemise d'eau à parois polies. L'appareil demande à être étalonné expérimentalement; la méthode consiste à comparer l'échelle du manomètre avec la chaleur cédée par une plaque de cuivre, chauffée électriquement, perte qu'il est facile d'évaluer. En faisant varier la chaleur cédée par la plaque, on peut établir un graphique donnant la perte de chaleur par rayonnement et convection, en fonction de la graduation du manomètre.

#### Poste de pesée du clinker.

La pesée du clinker est bien plus difficile à effectuer que celle d'autres matières, car il agit comme abrasif et provoque l'usure rapide de toutes les pièces en mouvement, telles que les couteaux des balances; il enlève par suite rapidement toute précision aux appareils, quels qu'ils soient. Les appareils volumétriques ne donnent du reste pas non plus de résultats satisfaisants pour la même raison. Si l'on tient à connaître le poids du clinker, on emploie généralement des appareils qui débitent le clinker par caisses pleines; l'un d'eux comporte un tambour circulaire divisé en quatre compartiments, ainsi agencé que quand le compartiment le plus haut est garni de clinker, le déplacement du centre de gravité fasse tourner le tambour; le compartiment plein se vide, et le suivant prend sa place. Un compteur relève le fonctionnement du système, et un calcul simple indique le débit total pour une période donnée; ce calcul implique la connaissance d'une constante, que l'on détermine par un essai.

Les figures 44, 45 et 46 (pages 526 et 527) sont des vues d'installations modèles, prises dans des usines existantes.

Sur la figure 44, on voit un appareil enregistreur combiné pour  $\text{CO}_2$  et oxygène, un catharomètre pour enregistrer électriquement la teneur en  $\text{CO}_2$ , un échantillonneur à prise de longue durée, et un appareil Orsat. La figure 45 est la vue d'un panneau de contrôle pour four, avec indicateurs de dépression et de surpression, et des panneaux de contrôle pour la vitesse du four, l'arrivée du charbon et l'arrivée de la boue. La figure 46 est la vue d'un panneau de contrôle pour four, avec pyromètre indicateur pour douze directions, et des indicateurs de dépression et de surpression.

L'exposé qui précède n'a pas la prétention d'englober la totalité des appareils permettant d'obtenir tous les renseignements nécessaires à la conduite scientifique des opérations qui se déroulent dans le four rotatif; nous nous sommes simplement efforcés d'en résumer le principe, et de montrer la manière d'employer utilement ces appareils dans le cours de la fabrication, dans la qualité de laquelle le facteur personnel des techniciens continue à jouer un grand rôle, malgré le perfectionnement actuel des installations.

Un certain nombre de photographies qui accompagnent cette série d'articles nous ont été aimablement communiquées par les maisons suivantes: la Foster Instrument Co., pour les figures 1, 2, 4, 33, 35, 42, 43; la Electroflo Meters Co., pour les figures 5, 6, 16, 17, 30, 31, 46; Duguids, Ltd., pour la figure 26; MM. J. Hopkinson & Co., pour les figures 28 et 29; la Lea Recorder Co., pour la figure 38; MM. George Kent, Ltd., pour la figure 27; la Cambridge Instrument Co., pour les figures 3, 11, 12, 34; MM. Walker, Crossweller & Co., pour les figures 13, 22, 23, 24; MM. Viozone, Ltd., pour la figure 32; les W.R. Patents, Ltd., par les figures 14, 15, 25.

### Construction d'une nouvelle cimenterie en Syrie.

La Société "MIAG" (Muehlenbau und Industrie Aktiengesellschaft), de Braunschweig, a reçu en Décembre dernier commande d'un équipement, destiné à une cimenterie, à construire en Syrie. Cette nouvelle entreprise a été fondée par la Société Nationale pour la Fabrication du Ciment et des Matériaux de Construction, de Damas, société purement arabe, dont le capital est de Ltq or 120 000, soit approximativement 13 375 000 francs.

La nouvelle cimenterie ne sera pas la première entreprise créée en Syrie en vue de la fabrication du ciment, vu qu'une usine ayant presque deux fois la même capacité de production est sur le point d'être achevée aux environs de Tripoli; cette dernière cimenterie est la propriété d'une société franco-libanaise, qui a également passé commande pour sa construction à la société "MIAG."

La nouvelle cimenterie de Damas sera édifiée au voisinage immédiat de la route de Beyrouth; les principaux débouchés en vue sont Damas et sa banlieue, ainsi que les villes de l'intérieur; sa capacité sera de 100 tonnes par vingt-quatre heures, et le ciment sera fabriqué au four rotatif, selon le procédé sec. Comme on ne trouve sur place aucun combustible dans cette partie du Proche-Orient, la société a décidé de chauffer le four rotatif au pétrole brut, et d'installer un équipement pour l'utilisation des chaleurs perdues, comportant une turbo-générateuse pour la production de l'énergie nécessaire à l'usine.

Les matières premières existent au voisinage immédiat de l'usine, et sont aptes à fournir un ciment de qualité, pouvant aisément lutter avec la concurrence; la direction technique est assumée par un personnel européen.

## L'échantillonnage et l'analyse de la houille.

LA British Engineering Standards Association vient de publier les Normes anglaises, applicables à l'échantillonnage et à l'analyse de la houille destinée à l'exportation, sous le titre " Sampling and Analysis of Coal for Export " (prix 2 sh net).

Le chapitre I a trait aux méthodes d'échantillonnage; s'il est effectué sur wagon, le nombre de prélèvements requis doit être réparti uniformément sur la totalité des wagons constituant le lot en consignation à échantillonner. Au moyen de la sonde, on fait des trous aussi profonds et d'autant faible diamètre que possible, n'ayant toutefois pas moins de 30 cm de profondeur, espacés d'environ un sixième de la longueur de la diagonale, en partant des angles du wagon, ainsi que du milieu des côtés. Les trous doivent toujours changer de place d'un wagon à l'autre. Les trous seront creusés de façon à avoir une paroi verticale aussi profonde que possible du côté du centre du wagon, et le prélèvement sera fait en râclant avec la sonde de bas en haut la paroi du trou, du côté le plus abrupt; à chaque deuxième trou, le charbon prélevé sera extrait en contrebas du fond du trou. Les échantillons prélevés sur la partie supérieure du chargement des wagons ne peuvent être considérés comme représentatifs de l'humidité du charbon lavé, ou mouillé pour une autre raison. Pour déterminer l'humidité, lorsque l'échantillon ne peut être prélevé sur l'ensemble du wagon au moment de son déchargeement, on creusera un trou évasé au centre du wagon, dans le fond duquel on fera le prélèvement, autant que possible à mi-hauteur du chargement de charbon.

En ce qui concerne la méthode de réduction applicable à l'échantillon brut, les Normes disent ce qui suit: " L'expérience montre que le concassage et le broyage des charbons lavés donnent lieu à une régression considérable de l'humidité; il est par suite recommandé, lorsqu'il s'agit de déterminer " à la réception " l'humidité d'un charbon lavé, de pelleteer l'échantillon brut jusqu'à parfait mélange, et de prélever ensuite par petites quantités, bien réparties sur le tas, un échantillon spécial pour doser l'humidité, d'au moins 4,5 Kg. L'échantillon humide doit être rapidement mis dans un récipient étanche, et envoyé directement au laboratoire, pourvu d'une étiquette portant bien lisiblement la mention " Moisture Sample " (Échantillon pour humidité). Lorsque ce cas se présente, l'échantillon brut spécifié pour les Normes ne sera pas inférieur à 45 Kg, et la quantité effectivement retenue ne sera pas inférieure à 4,5 Kg. La totalité de l'échantillon brut primitivement prélevé (ou la partie restante si une fraction en a été enlevée spécialement pour constituer l'échantillon pour humidité) sera de préférence concassée ou broyée pour être admise par le crible à jours de 6,35 mm; on obtiendra la quantité finalement retenue par l'une des méthodes suivantes.

Quand on opère à la main, on procède comme suit: (i) On décharge l'échantillon brut en entier sur un plancher, et on agite rapidement le charbon jusqu'à parfait mélange en faisant des tas, et en les retournant pour les refaire plus loin, le tout deux ou trois fois. (ii) On formera alors un tas conique en déchargeant chaque pelletee au dessus de la pelletee précédente, en veillant de bien le décharger sur le sommet du cône, pour que la partie qui dévale à sa surface se répartisse aussi uniformément que possible, sans déplacer l'axe du cône. Quelques-uns des fragments plus grossiers peuvent rouler sur la pente et s'éparpiller tout autour de la base du cône; l'opérateur les ramènera avec soin jusqu'à son arête. On reformera alors un nouveau cône à deux reprises, en veillant que le précédent conserve constamment sa forme de

révolution jusqu'à complet transfert. Le troisième cône sera ensuite étalé bien régulièrement, en y introduisant l'arête d'une pelle ou d'une planche, qui doit toujours se trouver dans un plan axial; on fera ainsi le tour de la circonference, en dégagant chaque fois la pelle ou la planche, avant de l'introduire à nouveau. Le tas étalé aura une épaisseur régulière, et son diamètre sera constant; son centre coincidera avec l'axe du cône d'où l'on est parti. L'échantillon sera alors divisé en quatre parties égales en découpant le tas en quartiers selon deux diamètres se coupant à angles droits, ce qui peut se faire avec précision et rapidement en utilisant une sorte d'emporte-pièce en forme de croix, comportant quatre branches ou lames en tôle assemblées au centre, maintenues à angle droit les unes par rapport aux autres au moyen d'entretoises, et renforcées le long de leur tranche supérieure; on pose l'emporte-pièce sur le tas, centre sur centre, et l'on enfonce les lames par la tranche mince dans le charbon. Les quartiers diamétralement opposés sont rassemblés par deux à la pelle, et mis en tas; l'un des deux tas est alors rejeté. L'opération (ii) doit être recommandée jusqu'à ce qu'il reste environ 4,5 kg de charbon; lorsqu'un échantillon spécial n'a pas encore été prélevé en vue de la détermination de l'humidité, on met alors de côté un échantillon de 1 kg.

La méthode 1 pour déterminer l'humidité à fins d'analyse est la suivante: Peser dans un têt, pourvu d'un couvercle bien ajusté, et formant plateau de balance, de 2 à 10 gr de charbon pulvérisé admis par le tamis I.M.M. de 550 mailles au centimètre carré. Le têt doit être assez grand pour que l'épaisseur de la couche de charbon corresponde à une charge non supérieure à 0,3 gr/cm<sup>2</sup>. Chauffer le charbon sans couvercle pendant une heure à la température de 105-110°, faire refroidir le têt recouvert dans un dessicateur, en présence d'acide sulfurique concentré ou de chlorure de calcium, et peser avec le couvercle. La perte de poids sera convertie en fraction, exprimant l'humidité.

La méthode 1 ci-dessous s'applique à la détermination de l'humidité du charbon "à la réception": Régaler l'échantillon de charbon, d'au moins 1 kg, sur des plateaux métalliques tarés, et peser le tout. Faire sécher le charbon à l'air pendant quelques heures, dans une atmosphère privée de poussière, à une température ne dépassant pas 50°, jusqu'à ce que le poids reste approximativement constant à la température de la chambre, et noter la perte de poids. Si la boîte en fer blanc qui contient l'échantillon présente des traces d'humidité, il y a lieu de la peser et de la sécher avec l'échantillon. Broyer l'échantillon séché à l'air, sans qu'il soit exposé à des variations de température ou d'humidité, pour qu'il soit admis par le tamis I.M.M. de 16 mailles au centimètre carré, et agiter jusqu'à parfait mélange. Prélever le charbon par fractions de 30 gr, et chauffer à l'étuve à la température de 105-110°, jusqu'à poids constants, en utilisant comme contenant du charbon de grands têts (de préférence à fond plat), d'une surface de 60-70 cm<sup>2</sup>, munis de couvercles. En principe, le séchage ne doit pas dépasser une heure et demie.

Le dosage des matières volatiles se fait par deux méthodes au creuset, ou au fourneau à mouffle.

**Méthode du creuset.**—Peser dans un creuset de platine, muni d'un couvercle bien ajusté, 1 gr de charbon pulvérisé séché à l'air, admis par le tamis I.M.M. de 550 mailles au centimètre carré; le couvercle peut avoir un trou central, d'un diamètre non supérieur à 2 mm. Placer le creuset avec son couvercle sur un support approprié, comme un trépied en fil de platine ou de nichrome, ou un anneau en matière réfractaire, et chauffer pendant sept minutes sur une flamme à la température de 965±5°. Faire refroidir le creuset, d'abord

rapidement sur une plaque métallique froide pour empêcher l'oxydation du contenu, et finalement au dessicateur, et peser. La perte de poids, moins l'humidité (déterminée à part), représente les matières volatiles.

Le creuset doit avoir les dimensions suivantes : diamètre à la base, 24-25 mm; diamètre à l'entrée, 34 mm; hauteur, 35-40 mm; capacité, 25-30 cm<sup>3</sup>.

L'appareillage sera réglé pour atteindre la température de  $965 \pm 5^\circ$  au fond du creuset fermé, d'après les indications fournies par un cristal de chromate de potassium pur placé au fond du creuset couvert, qui aura présenté un commencement de fusion après avoir été chauffé pendant sept minutes dans les conditions de l'expérience.

**Méthode du fourneau à moufle.**—Chauffer dans un creuset de platine, de quartz, ou de porcelaine,\* d'une capacité de 20-30 cm<sup>3</sup>, et pourvu d'un couvercle bien ajusté, 1 gr de charbon pulvérisé, séché à l'air, admis par le tamis I.M.M. de 550 mailles au centimètre carré. Chauffer le creuset couvert au fourneau à moufle pendant sept minutes à la température de  $965 \pm 5^\circ$ . Faire refroidir le creuset dans un dessicateur, et peser. La perte de poids, moins l'humidité (déterminée à part) représente les matières volatiles. On se servira d'un fourneau à moufle chauffé au gaz ou à l'électricité, permettant l'obtention d'une température constante et uniforme. Pour être certain que le creuset est chauffé uniformément, on évitera qu'il soit en contact avec la sole ou les côtés du moufle, et on le posera sur un support approprié, comme un trépied en fil de platine ou de nichrome, ou un anneau en matière réfractaire.

Pour la détermination des cendres, peser dans une capsule plate en platine, ou un têt de porcelaine ou de quartz de 1 à 5 gr de charbon pulvérisé séché à l'air, admis par le tamis I.M.M. de 550 mailles au centimètre carré; capsule ou têt auront une surface de 20 à 40 cm<sup>2</sup>, selon la quantité de charbon expérimentée, l'épaisseur de la couche étant de 1 cm. Chauffer à la température de 750-800° en atmosphère oxydante, pendant une heure, ou jusqu'à ce que le poids reste constant. Faire refroidir dans un dessicateur, et peser. On emploiera un fourneau à moufle, et l'on veillera que l'air puisse circuler librement au contact du charbon.

Pour la détermination du pouvoir calorifique, la constante obtenue est celle qui se réfère au charbon, lorsque les produits de la combustion se trouvent dans les conditions de volume constant; cette valeur diffère de celle à pression constante, suivant le rapport de 1 à 1000.

Si l'on procède par combustion en vase clos, on utilisera une bombe calorimétrique à haute pression, genre bombe Berthelot. Cette bombe aura une paroi intérieure inattaquable aux acides, dans la mesure où l'attaque nuirait à la précision des résultats. La capacité de la bombe sera suffisante pour qu'après avoir été fermée et remplie d'oxygène à la pression requise, elle contienne au moins deux fois et demie la quantité d'oxygène voulue pour assurer la combustion de la substance expérimentée.

\* Si l'on emploie un creuset en quartz ou en porcelaine, l'épaisseur de la paroi ne doit pas dépasser 3 mm.

### Conversion des mesures dans les traductions.

DANS tous les articles traduits, les unités de poids, de longueur, etc., sont approximativement traduites en unités anglaises ou métriques.

## Cuisson du ciment sur grille mobile.

Les fours servant généralement à la cuisson du ciment étaient jusqu'ici le four stationnaire et le four rotatif. Les désavantages propres à ces deux systèmes de fours consistent chez le four stationnaire en une cuisson irrégulière et chez le four rotatif en une consommation de combustible hors mesure. Parmi les nombreux essais faits pour construire des systèmes de cuisson unissant les bonnes qualités du four-stationnaire et du four rotatif, sans, cependant, conserver leurs désavantages, nous nous permettons d'appeler l'attention sur l'emploi de la grille mobile. Il est vrai que ce dispositif a été pris de l'art de la préparation du minerai, où il sert à la réduction du minerai. Nous nous proposons d'envisager d'un peu plus près la grille mobile comme système de cuisson de minerai, attendu que cela permet simultanément de se renseigner sur les moyens d'emploi de la grille mobile dans l'industrie de ciment. En effet le minerai est porté sur la grille en une couche uniforme et passe sur celle-ci le long du four. Dans le cas où il s'agit de la réduction du minerai, la matière est mélangée avec du charbon. Alors il suffit d'aspirer l'air à travers la grille mobile, dans le but d'aider à effectuer la combustion du charbon, et en cas d'excès du charbon, la réduction du minerai. A côté de cette grille mobile on peut aussi produire une flamme et la faire passer à travers la grille sur la matière y reposant.

Dans le premier cas on introduit utilement l'air sous pression au-dessous de la grille en le faisant passer de bas en haut, d'abord à travers la grille et ensuite à travers la matière. De cette façon la grille est refroidie par l'air. Au deuxième cas, en employant une source de chauffage étrangère, on procède d'une manière opposée. Dans le dernier cas les gaz chauds sont amenés à passer leur chaleur surtout aux régions des matières supérieures, de sorte qu'elles arrivent en état relativement chaud vers les barreaux de la grille. Or, dans le but d'obtenir malgré cela une cuisson uniforme de toute la couche, on met une couche de matière cuite entre la grille et sa couche. De cette façon on arrive à chauffer assez bien aussi la partie de la couche la plus basse de la matière à cuire, sans exposer la grille même au danger de détérioration par la cuisson.

Il y a encore toute une série de procédés semblables chez lesquels les combustibles et la matière à cuire sont posés en couches séparées ou en quantités différentes. En général ces manières de cuisson sont employées dans la préparation des minerais sauf une exception importante. Dans le cas où la matière à cuire incline à coller ou à couler, la grille mobile n'est pas employable étant donné que les barres des grilles sont sujettes à être obstruées ou serrées, et que par conséquent un passage des gaz à travers la couche deviendrait impossible. Cependant, ce lavage régulier et uniforme de toutes les particules de matière représente l'avantage principal de la grille mobile en comparaison avec d'autres fours à cuire, à condition que la couche de matière offre à tous les points de la grille une résistance uniforme au courant d'air ou aux gaz de cuisson y passant.

Les questions résultant de l'application de ces procédés à la cuisson du ciment et d'autres matières sont résolues par les quelques exemples pratiques. Fig. 1 (page 532) montre une installation de grille mobile servant à la cuisson de ciment. Les matières crues à ciment passent d'un récipient A dans le moulin B et de là sur le ruban transporteur R alimenté par le récipient D du charbon en quantités réglables. Après passage de la vis mélangeuse E le mélange est collecté au récipient F, alimentant la grille

mobile en une couche réglable et uniforme. Devant et derrière le récipient F se trouvent encore d'autres récipients S et T. Le récipient S est alimenté par un mélange de clinkers et d'une petite quantité de charbon, pendant que le récipient T ne contient que du charbon. Lorsque la grille mobile V se trouve en mouvement il y a trois couches qui s'y forment l'une sur l'autre, la couche inférieure consiste en clinkers et un peu de charbon, la moyenne, dit la couche principale, contient la matière à cuire et la supérieure encore, une couche très mince, consiste en charbon. Au-dessus et au-dessous de la grille se trouve disposée une chambre à chacun des endroits; c'est dans la chambre supérieure que pénètre l'air atmosphérique, aspiré dans la chambre inférieure à travers la matière à cuire et la grille. D'ici les gaz brûlés sont extraits par un aspirateur. Il faut mentionner encore que la grille mobile passe au-dessous d'un dispositif d'inflammation se trouvant du côté de l'entrée. D'abord c'est la couche mince du charbon qui s'enflamme, et en procédant à travers le four, toute la matière reposant sur la grille s'enflamme aussi.

Alors quel est donc la caractéristique de ce procédé? Comme chez tout procédé de cuisson sur une grille mobile le lavage de toutes les particules par les gaz de cuisson est à considérer comme tout à fait uniforme, du moins en ce qui concerne les particules des matières se trouvant l'une à côté de l'autre.

Quant aux particules posées l'une sur l'autre cette question est plus difficile à décider. L'air frais arrive d'abord auprès du charbon où il est chauffé à un très haut degré. Ensuite il rencontre les parties supérieures du mélange des matières premières. Il faut qu'ici le rapport du combustible à la matière soit tel que la chaleur résultant encore de la consommation du combustible balance la chaleur consommée par la cuisson de la matière, de sorte qu'il n'y ait plus de modifications de la température des gaz. C'est bien par un choix judicieux du rapport du mélange de combustible et de matière qu'on est en état d'arriver à ce résultat avec quelque sûreté. Enfin les gaz chauds parviennent dans la couche la plus basse du clinker cuit, où ils délivrent leur chaleur pour qu'une détérioration de la grille n'y soit plus à redouter.

Cependant, il y a une chose à considérer dans ce procédé. Il faut que la cuisson soit finie au moment où la couche supérieure du charbon est consommée, car l'air arrivant plus tard d'en haut ne se chauffe plus d'une manière suffisante et ne sert qu'à refroidir le clinker fini. Or, l'utilisation du combustible à ce procédé est relativement faible. La chaleur du clinker chaud n'est point utilisée, étant donné qu'il en sort immédiatement. Il est vrai qu'on est en état d'y remédier, p.e. par la provision d'une zone de refroidissement dans laquelle l'air de combustion est aspiré à travers le clinker chaud. Il va sans dire que cette voie a été proposé déjà.

De plus les gaz de sortie chauds ne sont pas utilisés. Il est peu important que ces gaz refroidissent la couche inférieure, car la chaleur y donnée n'y est utilisée non plus. C'est pourquoi on a proposé déjà ultérieurement d'employer les gaz de sortie pour chauffer au préalable la matière. A ce but la chambre au-dessous de la grille est raccordée à une chambre ultérieure au-dessus de la grille se trouvant dans la direction de la marche de la matière devant la zone de combustion du four. C'est de là que les gaz de sortie sont aspirés à travers la matière fraîche. Aussi cette mesure n'a qu'un effet limité. Dans le but d'éviter que la grille ne brûle dans la zone de cuisson, la couche des clinkers, se trouvant immédiatement sur la grille, doit être d'une certaine épaisseur. Par conséquent les gaz de sortie chauds communiquent leur chaleur la plus précieuse inutile au clinker cuit. Aussi le chauffage de la matière

fraîche ne peut être effectué que d'une façon limitée, étant donné que la matière est mélangée avec du combustible dont l'inflammation préalable doit être évitée sous tous les points.

A part de cela le procédé a cependant un côté faible dès l'origine. D'abord dans le procès de cuisson le ciment est calciné et cuit ensuite. Le ciment lors du procès de la cuisson tend à s'agglomérer et devient un peu collant. Grâce à ce fait la résistance que la matière offre aux gaz la traversant croît et cela à un degré tel que les gaz à la fin ne la traversent plus. Par conséquent l'achèvement de la cuisson du ciment devient impossible et le résultat est une cuisson faible. Voilà la raison que pour autant que je sache, il n'existe point d'installation étant arrivée jusqu'à présent à une marche continue.

Une installation semblable, mais chauffée par une autre source de chaleur est démontrée par des figs. 2 et 3 (pages 533, 534). Cette installation est avant tout destinée à la cuisson de chaux et il est clair, que les difficultés avec telle matière sont moindres, mais qu'on a songé également à la cuisson du ciment. Ici sont disposés aussi du côté de l'alimentation plusieurs tanks 21 et 22. Le tank 22 sert à mettre sur la grille une couche de protection en matière cuite, pendant que le tank 21 contient la matière à cuire. La flamme de combustion est produite en des compartiments spéciaux 16, de deux côtés de la grille mobile pénétrant à travers les canaux 18 la chambre de cuisson au-dessus de la grille, sous laquelle se trouvent disposées plusieurs chambres d'aspiration 10. La choix de plusieurs chambres 10 offre l'avantage que le four à cuire, proprement dit, est divisé en plusieurs zones. Les quantités de gaz aspirées à chaque zone peuvent être réglées à volonté.

Le procédé peut être conduit aussi de façon, qu'il ne faut pas brûler dans les chambres 16 toute la quantité de combustible nécessaire à la cuisson de la matière, et une partie en peut être mélangée à la matière en forme de charbon. Voici un trait essentiel. Car si la flamme produite dans les chambres 16 sert de source unique, les couches supérieures de matière sont chauffées plus fortement que les inférieures et le résultat en est un produit cuit irrégulièrement. Si, par contre l'on mélange à la matière à cuire, une partie du combustible, la chaleur passée aux couches supérieures de matières, peut être remplacée par la production de charbon nouvelle résultant de la combustion du charbon mélangé, semblable au procédé décrit en premier lieu. Pour le reste le procédé est identique. Ici également on est en état de produire une zone de refroidissement et une zone de chauffage préliminaire. Les défauts en sont semblables aussi. C'est à dire pour la cuisson de ciment c'est le procédé qui fait défaut.

La difficulté principale pour la clinkérisation du ciment consiste en la tendance du clinker à coller. C'est M. Lellep qui par son four rotatif à grille mobile, système combiné (brevet allemand 466.298) portait la solution. Il renonçait à faire la clinkérisation sur la grille mobile, mais par contre il procérait de façon à produire cette opération dans le four rotatif, connu pour son adaption à ce but. Donc, le procédé est le suivant : La matière sur la grille mobile est chauffée seulement au préalable et calcinée ensuite. Après elle est alimentée sur un four rotatif disposé à la suite où elle est cuite. Etant donné qu'ici il n'y a lieu qu'une seule partie du procédé de la cuisson, il est, bien entendu plus court qu'autrement. Nous allons maintenant, dans la suite examiner de plus près les opérations dans ce four là.

La disposition générale est reproduite schématiquement par la fig. 4 (page 535). Suivant le texte du brevet, la matière sèche en poudre est d'abord formée en boules dans un tambour précédent le système.

Cette opération s'effectue en appliquant sur la farine brute de l'eau d'humectage par gouttes, qui par suite de la rotation du tambour sont enveloppées de farine brute et qui suivant la durée de rotation forment des boules assez uniformes de la grosseur d'un pois jusqu'à celle des noisettes. Bien que les boules appelées de préférence "petits globules," ne possèdent point la densité de briques, car on peut bien les écraser entre les doigts, leur densité suffit, cependant, pour éviter de se briser en tombant plusieurs mètres.

Le but de la formation des globules pour la cuisson sera indiqué plus loin, voici pour le moment une critique du procédé en question. Il va sans dire que la fabrication des briques aussi petites que cela par la presse revient plus chère que la formation des globules dans le tambour et voilà la raison principale du choix du procédé, quoiqu'il n'est pas à nier, que la fabrication de briques offrirait bien des avantages. On pourrait éviter une désagrégation avec une plus grande sûreté, et en outre les briques ont l'avantage de grosseur tout à fait semblable, ce qui est d'ailleurs précieux pour l'obtention d'une cuisson uniforme. Cependant, il s'est démontré que les globules suffisent encore aux demandes du service, de sorte que la fabrication des briques tenant compte des frais d'exécutionne paraît en effet pas avantageuse.

Les globules, suivant les termes du brevet entrent dans un silo de provision d'où elles sont alimentées à couches égales sur une grille mobile, sur laquelle le procédé de séchage et une partie du procès d'élimination de leurs propriétés acides ont lieu. Le chauffage de la grille a lieu par les gaz de sortie du four rotatif disposé à la suite de celle-ci. Ces gaz de sortie touchent la matière en haut et y sont aspirés. En dessous de la grille mobile se trouve disposée une caisse d'aspiration pouvant être divisée en plusieurs compartiments. Les fentes de la grille sont choisies si étroites pour éviter que les globules ne tombent à travers. Voici en quoi existe la valeur de la formation en globules préalable des matières. Donc, si la matière, comme il est l'usage d'ailleurs pour les installations de fours rotatifs ne peut arriver sur la grille mobile qu'en état humecté, les grains fins seraient aspirés à travers les plaques de grille. Mais comme mentionné déjà plus haut, les globules ont une certaine résistance, qu'elles ne perdent non plus au procès de l'évacuation de l'eau et au dégagement des propriétés acides, de sorte qu'on évite que des quantités considérables quelconques ne tombent à travers les fentes de grille. En outre, l'uniformité de la cuisson étant donné des morceaux de matières égaux, est naturellement plus grande que si, comme par un service simple de four rotatif une partie considérable de la matière est soumise aux gaz de combustion en état de gruaux fins.

Par contre la position de la matière en repos sur la grille mobile évite une détérioration des globules, ce qui arrive facilement surtout pendant le séchage et au début de l'opération d'élimination des propriétés acides. En comparant la position de repos de la matière sur la grille mobile avec le mouvement de la matière au four rotatif, c'est cet avantage qui saute le plus aux yeux. Plus tard les globules au cours de l'opération de cuisson acquierent une densité plus forte, de sorte qu'une détérioration au four rotatif disposé à la suite, n'est plus à craindre.

Les gaz de sortie du four rotatif chauffent les couches supérieures de la matière jusqu'à en éliminer les propriétés acides complètement. Les gaz, à leur passage à travers la couche se refroidissent et tombent sur les poutres de grille du système de la grille mobile à 550° tout au plus. Avec cela cette température n'est obtenue près de l'endroit de délivrance de la matière, pendant que plus loin il y a des gaz plus froids arrivant à la grille mobile, en

bas jusqu'à 50° env. à la proximité de l'endroit d'admission de la matière. La température moyenne au-dessous de la grille se monte à peu au-dessus de 100°. Donc une détérioration par le feu des poutres de grille n'est pas à craindre, et par conséquent un refroidissement devient superflu.

Il a été fait mention plus haut déjà qu'une cuisson uniforme de la matière sur la grille mobile rencontrerait certaines difficultés. C'est surtout par le chauffage moyennant une fiamme produite à l'extérieur que les couches de surfaces supérieures des matières sont brûlées plus fortement que les inférieures. En effet cette qualité de la grille mobile pour le présent cas est sans conséquence, étant donné qu'il est renoncé expressément à une cuisson uniforme de toute la matière sur la grille mobile. L'achèvement de l'opération de cuisson aura lieu plutôt au four rotatif disposé à la suite, dans lequel a lieu en même temps l'opération de la clinkérisation. Donc, la grille mobile se trouve déchargée du travail de clinkérisation, et c'est par cela qu'en tombent aussi toutes les difficultés adhérentes, comme dit plus haut au sujet de la clinkérisation du ciment sur la grille mobile.

La longueur du four rotatif est de deux tiers environ de ceux qui sont en usage habituellement. La longueur de la grille mobile est encore plus petite, de sorte que la longueur totale de l'installation en devient de beaucoup inférieure à celle d'un four rotatif de rendement égal. Il va sans dire que la part de la grille mobile au travail total de l'installation est relativement forte. Maintenant la question se pose s'il ne serait à propos d'engager la grille mobile plus fortement encore, c.à.d. d'exécuter une plus grande partie du travail total sur la grille mobile, p.e. de façon que le travail total ou à peu près le travail entier de l'enlèvement des propriétés acides se fasse sur la grille.

Etant donné qu'il ne se peut pas par des raisons mentionnées plus haut, de réaliser une partie de la clinkérisation sur la grille mobile, il faut que la combustion soit dirigée de façon à ne chauffer les couches supérieures des matières sur la grille que jusqu'à la fin du procès de l'enlèvement des propriétés acides, pendant que les couches inférieures sont chauffées encore plus fortement que jusqu'ici. On pourrait obtenir cela de la manière la plus simple, en donnant à la couche de matière sur la grille mobile une épaisseur moindre. Mais alors les gaz de sortie au-dessous de la grille mobile auraient une température plus élevée et par conséquent leur utilisation économique dans les limites de l'installation serait moins considérable. On pourrait bien y remédier en envoyant les gaz de sortie au lieu directement à la cheminée de les remettre plutôt par une zone de chauffage préliminaire sur la grille mobile, donc à les faire passer encore à travers une couche de matière, cependant, la grille serait exposée alors aussi le cas échéant à une température plus élevée ce qui nécessiterait encore un système de refroidissement spécial. Donc, l'installation en deviendrait compliquée. Cela ne justifie, cependant, point le renoncement à un enlèvement ultérieur des propriétés acides de la masse sur la grille mobile, même dans le cas où le four rotatif, disposé à la suite, aurait une longueur plus forte.

Il y a encore une tâche ultérieure à remplir par la grille mobile, c.à.d. d'élimination des gaz de sortie. Les poussières envolées hors du four rotatif se précipitent sur la couche de matières reposant sur la grille mobile. Ici il est important que la matière ait la forme de globules. Donc, à l'intérieur de la couche de matière il n'y a pas de grain fin (poussières), de sorte qu'il ne peut être question de l'enlèvement des poussières de la matière à travers les fentes de la grille. En effet, il résulte du service pratique qu'il n'y a que des

gaz de sortie libres de poussières, qui pénètrent la cheminée. On comprend bien cet effet de la couche de matières puisqu'il y a longtemps qu'on a employé avec succès des couches de matières voyageant dans des installations de dépoussiérage. Ici l'installation de dépoussiérage est remise, pour ainsi dire dans le four et par conséquent la disposition de dépoussiérages pour les gaz de sortie deviendrait superflue.

Le four rotatif et le refroidisseur n'offrent rien de particulier. Le four rotatif a une longueur plus forte qu'il ne l'a en tenant compte de la zone de clinkérisation. L'effet du refroidisseur est tout à fait semblable à celui des fours connus.

Il y a, cependant, encore la question à trancher relativement à la qualité du produit du four. Elle dépend en premier lieu d'une élimination uniforme des propriétés acides et d'une clinkérisation semblable. La dernière s'effectue comme d'habitude au four rotatif bien à propos dans ce cas-ci. Donc, à cet effet il n'y a pas de différence à attendre. Une partie de l'élimination a lieu sur la grille mobile et c'est ici, en effet, qu'une partie de la matière est sujette à une cuisson plus forte, c.à.d. la couche supérieure est cuite plus fortement. Ensuite, toute la matière arrive au four rotatif, où la cuisson des parties de matières **non exemptes** des propriétés acides peut être rattrapée. Il semble d'abord douteux que le mode de service soit nuisible à l'uniformité de la cuisson. Il paraît qu'il n'y ait pas une influence bien forte, étant donné que dans un four rotatif habituel, il peut arriver un passage rapide d'une part de la matière de la partie arrière du four à une se trouvant plus en avant, donc, il y a alors aussi un mélange des matières cuite déjà et non cuite, sans qu'il n'y aient de modifications susceptibles à être mesurées dans la qualité du produit. Il y a, cependant, un avantage, que la grille mobile présente vis-à-vis du four rotatif. La matière conserve sa grosseur de morceaux jusqu'à la sortie du four. Or, une grosseur uniforme est condition importante pour une cuisson uniforme. Il résulte des essais de tension du ciment cuit dans le four que sa qualité égale celle du ciment du four rotatif, la résistance à la compression était semblable et la résistance à la traction était un peu plus forte.

Voici encore enfin quelques résultats d'essais obtenus de la première installation d'essai de forte étendue dans la Fabrique de ciment Portland Rüdersdorf, Guthmann & Jeserich, Kalkberge-Mark. On avait employé pour l'installation un ancien four rotatif mis hors de service, d'ailleurs le refroidisseur était un peu petit, de sorte qu'en cas d'installations nouvelles on pourrait s'attendre encore à de meilleurs résultats. Le charbon avait une valeur calorifique de 6450 Kcal en moyenne avec de 12,5 pourcent de cendres. La farine brute consistait pour les 76,5 pourcent en  $\text{CaCO}_3$  contenant de 13,5% de l'eau. Le chiffre d'exéderent d'air balançait entre 1,05 et 1,1. La consommation de chaleur en était en moyenne de 1045 Kcal/kg de clinkers. La température des gaz de fumée au-dessus de la grille était de 900-950°, par contre derrière l'aspirateur elle était de 105-110°. Le chiffre bas indique le rendement normal du four. De plus on calculait qu'il y a environ 28% des propriétés acides contenues dans la matière brute qui étaient éliminées sur la grille, pendant que le solde de l'enlèvement des propriétés acides s'effectuait dans le four rotatif.

Donc, les avantages principaux du procédé Lellep (maintenant exploité par MM. G. Polysius A.G., Dessau) consistent, brièvement résumés, en ce qui suit: On est en état de produire du clinker de four rotatif avec une consommation de combustible plus basse encore que celle du four rotatif, mais encore inférieure à celle du four stationnaire. En même temps il y a dépoussiérage complet des gaz de sortie. Malgré cela l'étendue de l'installation est de beaucoup plus faible que celle d'un four rotatif.

## Étude comparative de l'industrie du ciment Portland aux Etats-Unis, au Canada, et en Angleterre.—V.

Par HAL GUTTERIDGE.

### Stockage des matières premières.

*Matières dures.*—Dans la presque généralité des cas, la mise en magasin des matières dures se fait après leur réduction en fragments de 25 mm, au plus.

Si l'usine applique le procédé "humide," la question du séchage des matières ne se pose pas, mais si l'on opère suivant le procédé "sec," le séchage a lieu dès la sortie du magasin, au cours du trajet que les matières effectuent pour se rendre aux broyeurs préparatoires.

Mentionnons pour les Etats-Unis une cimenterie employant 60% de pierre calcaire et 40% de laitier, et produisant 1 250 000 barils de ciment par an; le magasin à matières premières, à gypse, et à clinker, a 160 m de longueur, 24 m de largeur, avec murs de 6 m de hauteur. Les magasins à matières premières et à gypse sont couverts; ceux à clinker le sont en partie, le restant du clinker étant stocké à l'air libre. La contenance des magasins est de 3000 tonnes de matières premières, de 4500 tonnes de laitier, et de 100 000 barils de clinker; une enceinte de 7 m 25 x 25 m est aménagée pour le gypse.

*Teneur en eau des matières premières.*—Quand l'usine emploie le procédé "sec," il importe de tenir les matières premières à l'abri des précipitations atmosphériques, car à l'air libre la plupart d'entre elles absorberaient d'appréciables quantités d'eau, qu'il faudrait ensuite expulser dans les séchoirs. Si l'on opère suivant le procédé "humide," il n'y a pas lieu de s'arrêter à cette question de protection, sauf si les matières sont de nature argileuse, et susceptibles par suite d'engorger les concasseurs ou les broyeurs à marteaux.

La proportion d'eau que contiennent les diverses matières dépend entièrement de leur nature; la teneur minimum se rencontre généralement dans les calcaires durs dépourvus de matières argileuses, et la teneur maximum dans les argiles. Dans les calcaires durs, la proportion d'eau peut varier de 0,5 à 3%, et, dans certains cas, même pour le procédé sec, et pourvu qu'elles aient été efficacement abritées des intempéries pendant les manutentions dont elles sont l'objet, on peut envoyer ces matières aux broyeurs sans les sécher. En été les calcaires marneux tendres peuvent présenter une teneur en eau atteignant 5% proportion qui peut monter jusqu'à 15% pendant la saison pluvieuse. La craie peut contenir jusqu'à 15% d'eau, et absorbe facilement 10% d'eau supplémentaires lorsqu'elle reste sous la pluie, si peu de temps soit-il. Outre leurs 15 ou 20% d'eau hygroscopique ou retenue mécaniquement, les argiles contiennent une proportion appréciable d'eau chimiquement combinée, que l'on ne peut expulser qu'à la température du rouge sombre.

Aux Etats-Unis, la plupart, et au Canada, la totalité des matières sont dures, tandis qu'en Angleterre, les matières sont presque toujours tendres; la teneur en eau des matières est un facteur important dans le choix du procédé de fabrication et dans celui de l'équipement, ce qui explique, dans une large mesure, la grande différence que présentent les trois pays, au point de vue procédés de fabrication et équipement.

*Préparation des matières tendres.*—La craie, les marnes et les argiles peuvent généralement prendre, dans les broyeurs humides, en une seule opération, l'état de division requis par la cuisson. Il est quelquefois nécessaire de faire intervenir un "concasseur" pour réduire les matières en fragments de 10 cm au maximum; si la craie est particulièrement dure, il peut arriver qu'il faille employer un broyeur à marteaux pour le concassage préliminaire, opération à laquelle succède le broyage. Comme exemple de ce dernier mode de préparation, on peut citer une usine du Texas, récemment construite, où on emploie comme matières premières une craie argileuse, tantôt aussi plastique que la terre, tantôt aussi dure que de la pierre.

En Angleterre, pour les matières tendres, la pratique courante est de mettre la craie ou la marne directement dans le broyeur humide, conjointement avec l'argile. L'argile est introduite telle quelle avec la quantité d'eau voulue, ou sous forme de boue. Dans ce dernier cas, comme elle est généralement transvasée par pompage, l'argile doit contenir jusqu'à 70% d'eau, de sorte qu'il ne reste qu'une faible quantité d'eau additionnelle à ajouter dans le broyeur pour craie et argile. Une autre solution consiste à broyer la craie et l'argile dans deux broyeurs humides distincts, et à les réunir ensuite dans le bassin mélangeur. Si la craie contient des silex, on les enlève généralement pendant son passage dans le broyeur humide, dont le fond est pourvu à cet effet d'une trappe horizontale de vidange, par laquelle on peut soutirer les silex aussi souvent que l'on veut. On a constaté que les silex exerçaient une influence favorable sur la fragmentation de la craie dans les broyeurs humides; ils en avivent la denture, ce qui accélère l'opération, et provoque une plus grande consommation d'énergie.

Quand les silex se sont accumulés en trop grande quantité dans un broyeur humide pour qu'il continue à fonctionner dans de bonnes conditions, on le vide à l'aide de pompes, et on fait tourner lentement les cylindres dentés; les silex tombent et rejoignent par la trappe du fond un élévateur, qui se décharge dans les camions en service dans la cour de l'usine.

Pour extraire de la boue les particules sur-dimensionnées (ou sablettes), on se sert généralement en Angleterre de séparateurs du type centrifuge. Un séparateur de modèle courant comporte un arbre vertical, sur lequel est clavetée une caisse à fond perforé, qui reçoit la boue; la caisse entraîne un plateau horizontal en tôle, sur lequel sont fixés des porte-agitateurs en acier coulé, avec palettes en acier dur. Toute cette partie de l'appareil tourne dans une cuve en fonte, dont la paroi circulaire est formée de tamis, sur lesquels la boue est projetée. La boue finement divisée traverse les tamis, tandis que le refus s'écoule par une ouverture spéciale de la cuve, et retourne au broyeur humide pour être soumis à un nouveau broyage. Le séparateur fonctionne à 140 t/mn environ, et fournit une matière présentant un refus de 5% sur tamis de 4900 mailles au centimètre carré. Les deux séparateurs que l'on rencontre en Angleterre sont le séparateur Edgar Allen, et le séparateur Trix, ce dernier construit par MM. F. L. Smidh & Co.

La figure 15 (page 541) représente en coupe le séparateur "Stag," construit par MM. Edgar Allen & Co.; la figure 16 (page 96) représente le séparateur pour boue "Trix," construit par MM. F. L. Smidh & Co.

*Mélange, dosage, et pesage des matières.*—La figure 12 (page 538) représente une balance doseuse à courroie transporteuse, d'un modèle plus perfectionné que la disposition courante. La machine (construite aux Etats-Unis, par la Richardson Scale Co.), consiste essentiellement en un convoyeur

à courroie cuir ou caoutchouc, qui amène les matières froides; si les matières sont chaudes, la courroie est remplacée par un tablier métallique. La décharge de ce convoyeur se fait sur un deuxième convoyeur, suspendu, ainsi que le moteur qui l'actionne, à un système de leviers formant mécanisme de balance. Quoique continuellement en mouvement, ce dernier convoyeur forme plateau de balance, supportant la charge à peser. Le tarage effectué, en marche normale, le convoyeur d'amenée débite les matières jusqu'à concurrence de la quantité prévue; à ce moment, le fléau de la balance actionne un interrupteur à mercure, et le moteur d'alimentation ainsi que l'arrivée des matières s'arrêtent. Le deuxième convoyeur, formant plateau de balance, poursuit son mouvement, et débite sa charge, qu'un compteur a enregistrée; le fléau de la balance se soulève et ferme l'interrupteur, ce qui remet le convoyeur d'amenée en route pour l'opération suivante. Si la machine fonctionne en doseuse, les convoyeurs formant plateaux de balance sont ainsi disposés que les matières véhiculées se réunissent dans la même trémie de décharge. Cette machine a été pourvue d'un nouveau perfectionnement, grâce auquel elle s'arrête dès que l'arrivée des matières est en défaut; dans ce but, on a rendu les petites trémies d'entrée solidaires du bâti de la machine, l'ensemble étant ainsi monté qu'il puisse basculer légèrement. Dès que les matières baissent au dessous d'une hauteur déterminée dans les petites trémies d'entrée, tout le bâti bascule et prend appui sur une semelle, mouvement angulaire qui coupe le courant moteur, et met la machine au repos jusqu'à ce que la trémie d'entrée contienne à nouveau suffisamment de matières pour provoquer le mouvement de bascule inverse, qui referme le circuit principal. Aux Etats-Unis, on emploie également un autre genre de machine pour réunir les matières, à dispositif d'amenée tout différent; elle comporte un barillet qui reçoit par gravité les matières d'un certain nombre de trémies d'attente, auquel il est relié par des conduites. Il est possible de régler le dosage des matières fournies par les diverses trémies d'attente, ainsi que la vitesse de rotation de la machine. La figure 13 (page 539) représente une doseuse de ce genre, avec les conduits qui l'alimentent; elle est construite par la Bethlehem Foundry & Machine Co.

La figure 14 (page 540) est la vue d'une balance automatique, construite en Angleterre par MM. W. & T. Avery.

En Angleterre, pour les matières sèches, on se sert généralement de doseuses à "plateaux," à la sortie desquelles les matières se réunissent. Ces machines consistent en un plateau horizontal, tournant à faible vitesse, au centre duquel débouche directement un conduit vertical. On peut faire varier la distance qui sépare l'extrémité du conduit et le plateau, en agissant sur un collier coulissant, ce qui modifie le débit de l'appareil. Les matières participent à la rotation du plateau, et en sont balayées par une râclette fixe. Chacun des accumulateurs a un plateau particulier, et les matières qui se déchargent de chacun des plateaux se réunissent dans un même conduit, ou sur un convoyeur commun, selon la disposition de l'atelier.

Dans les trois pays en question, on a adopté presqu'exclusivement à l'heure actuelle les broyeurs "compound" pour l'équipement des ateliers de mouture modernes; ces broyeurs sont une combinaison des broyeurs à boulets et des tubes broyeurs, et comportent trois compartiments, ou davantage. En passant, disons que l'on tend actuellement à actionner ces broyeurs par l'axe, c'est-à-dire à agir directement sur le moyeu du tambour par l'intermédiaire d'un réducteur de vitesse, et non sur le tambour par la roue dentée qui lui sert de ceinture.

La proportion totale d'eau que contient la boue varie généralement de 30 à 43%. A titre d'exemples, on peut citer, pour l'Angleterre, un mélange de craie

et d'argile à 40% d'eau, et, pour les Etats-Unis, un mélange de pierre calcaire et de schiste à 30% d'eau, et une roche à ciment de Lehigh, à 33% d'eau. Lorsque les broyeurs humides, travaillant soit la craie, soit l'argile, sont installés à quelque distance de l'usine, la quantité d'eau doit être augmentée dans des proportions considérables. Dans une usine anglaise, où la craie réduite en boue doit être refoulée sur plus de 3,2 Km, on arrive ainsi pour l'eau à une proportion de l'ordre de 60 à 70% ; la boue est ensuite épaisse à l'usine jusqu'à la teneur requise.

### Préparation finale du mélange.

Aux Etats-Unis, dans la grande majorité des cas, on refoule la boue au moyen de pompes centrifuges, mais on emploie également des appareils fonctionnant à l'air comprimé ; en Angleterre, les pompes à piston plongeur sont d'un emploi presque universel, et on voit rarement une pompe centrifuge assurer le service de la boue. Parmi les pompes centrifuges, la pompe Wilfley est d'un emploi très répandu ; cette pompe présente l'avantage de ne comporter aucun presse-étoupe, comme c'est le cas pour les pompes centrifuges ordinaires, où ce dispositif est nécessaire pour empêcher la matière de trouver une issue aux endroits où l'arbre passe à travers le corps de la pompe. L'étanchement est réalisé par la force centrifuge ; le dispositif consiste en un organe tournant, dit "expulseur," pourvu de palettes encastrées dans le moyeu, rayonnant jusqu'à la périphérie, et en un organe fixe, dont se détache une paroi. La pièce tournante est coulée d'une seule pièce avec le rotor de la pompe, et sa place est tout contre la pièce fixe, qui joue également, dans le sens transversal, le rôle de portée d'usure. En marche, l'action centrifuge des palettes de l'expulseur s'oppose à toute sortie de boue ; les projections latérales de boue sont arrêtées par la paroi fixe, et renvoyées sur les palettes ; un clapet d'arrêt assure l'étanchement périphérique de l'arbre, quand la pompe est au repos. Ces pompes centrifuges sont employées aux Etats-Unis depuis de longues années pour la boue, et on se rend compte difficilement des raisons pour lesquelles on n'a pas apprécié en Angleterre les avantages incontestables qu'elles présentent sur les pompes à plongeur, avantages dus à leur encombrement réduit, et à leur débit sans pulsations.

Les appareils transportant la boue par l'air comprimé consistent généralement en deux réservoirs disposés côté à côté, dans lesquels la boue arrive par gravité en passant par un clapet de retenue ; les réservoirs sont pourvus chacun d'un flotteur qui actionne le robinet à air. A mesure que le réservoir se remplit de boue, le flotteur se soulève, et ouvre le robinet à air au moment où le réservoir est plein ; l'air comprimé se répand dans le réservoir, et refoule la boue à l'endroit voulu. Il existe une installation comportant une soupape automatique à commande électrique, qui permet le remplissage de l'un des réservoirs tandis que l'autre se vide.

On installe fréquemment, en Angleterre, par batterie de trois, des bassins spéciaux de grande dimension, pour la correction du mélange ; l'un d'eux se vide, tandis que le deuxième se remplit, et que le troisième est en cours de correction ; la boue est maintenue en état d'agitation, soit par des bras tournants actionnés mécaniquement, soit par l'air comprimé, soit par ces deux moyens simultanément.

Il existe aux Etats-Unis une cimenterie où l'équipement pour la manutention de la boue consiste en huit silos à boue en béton de 8 m 50 x 12 m, à fond conique, montés sur un soubassement. L'agitation est due à l'arrivée d'air

et de boue, qui pénètrent dans les silos par le sommet des cônes renversés, pourvus à cet effet de buses spéciales. Trois conduites débouchent dans chaque silo, les connexions étant ainsi établies que la boue puisse être transvasée, soit par gravité, soit au moyen d'une deuxième pompe à boue. Ces réservoirs se vident par gravité, et la boue vient remplir les bassins mélangeurs de boue "Dorr."

Tous les praticiens connaissent les ennuis auxquels donne lieu la circulation de la boue dans les conduites, au point de vue clapets et robinets. Sur une grande partie des conduites, on n'est souvent amené à manœuvrer les robinets qu'à de longs intervalles, mais, même si on les utilise fréquemment, les particules solides de la boue finissent par s'introduire entre les portées, et font gripper les pièces; il s'ensuit que l'on est souvent contraint de démonter les robinets, ce qui est du temps perdu, et entraîne des retards. Pour supprimer cette source de difficultés, on a imaginé un robinet spécial, avec dispositif de lubrification, que l'on emploie dans certaines usines depuis nombre d'années. Dans ce robinet, à biseau, la queue de la clef comporte un trou axial; ce trou est taraudé et reçoit un clapet de retenue. La clef est percée de part en part par un conduit transversal qui met le trou central en communication avec deux canaux diamétralement opposés, fraisés dans la clef, et débouchant dans une chambre réservée sous la clef; cette dernière ne peut faire qu'un quart de tour, et les canaux fraisés dans la portée de la clef ne se trouvent jamais en contact direct avec le liquide en circulation dans la tuyauterie. Le lubrifiant employé se présente sous la forme de bâtonnets, que l'on introduit dans la queue de la clef; ce lubrifiant, refoulé au moyen d'une vis de pression, arrive par les canaux à la chambre située sous la clef, et la soulève. On obtient ainsi un film lubrifiant qui se répand sur toute la portée de la clef; dès que la manœuvre du robinet présente quelque difficulté, on actionne légèrement la vis de pression, ce qui décolle la clef, et lubrifie en outre toute sa portée. Aux Etats-Unis, ce dispositif s'appelle robinet "Nordstrom" et en Angleterre, robinet "Andco."

Aux Etats-Unis et en Angleterre, on applique des méthodes différentes pour l'agitation et la conservation de la boue; dans le premier de ces deux pays, l'équipement mélangeur est presque toujours constitué par un pont roulant, supportant les organes d'agitation, tandis qu'en Angleterre, on emploie uniquement les mélangeurs planétaires.

Le mélangeur à pont roulant comporte un bassin de 10 m 50 de largeur, 6 m de profondeur, et 30 m de longueur. Les murs latéraux supportent des rails sur lesquels se déplace le pont roulant, animé d'un mouvement de va-et-vient lent et continu, d'une extrémité du bassin à l'autre. Le pont supporte des arbres tournants, généralement au nombre de trois, auxquels sont fixés des palettes qui agitent la boue; parallèlement aux arbres, et placés tout à côté, se trouvent des conduites d'air qui descendent jusqu'au fond du bassin, et débiteront de l'air à basse pression dont l'action s'ajoute à celle des agitateurs mécaniques. Signalons l'ingéniosité du raccord des tuyaux à air à la canalisation d'amenée; ces tuyaux décrivent un cercle de 30 cm de rayon. On perce généralement dans l'axe des arbres verticaux un trou qui descend au dessous de la couronne dentée de commande, et dans lequel débouche un trou percé dans le sens radial, qui reçoit le raccord taraudé du tuyau vertical. Le trou central se raccorde à la conduite d'air maîtresse au moyen d'un presse-étoupe.

Pour alimenter en énergie électrique un chariot de levage, ou un pont-roulant comme dans le présent cas, on disposait jusqu'à ce jour dans le sens de la translation un certain nombre de fils sous tension, sur lesquels glissent des balais qui transmettent le courant. Ce procédé ne présente généralement aucun

danger, en raison de la hauteur à laquelle est installé le pont roulant, mais comme les ponts roulants mélangeurs circulent au niveau même du sol, les fils d'amenée constituerait une source permanente de danger pour le personnel occupé à proximité. Pour parer à cet inconvénient, on a imaginé un dispositif très intéressant, spécial aux ponts mélangeurs; il consiste en un tambour, généralement de 0 m 90 de diamètre et 1 m 50 de longueur, tournant librement dans les deux sens sur un arbre horizontal. Le câble électrique d'amenée, caoutchouté et armé, s'enroule et se déroule sur ce tambour, monté en porte-à-faux d'un côté du bassin. La figure 17 (page 543) représente un mélangeur de ce genre, construit par MM. F. L. Smith & Co.

Le mélangeur planétaire comporte un bassin circulaire d'environ 20 m de diamètre, et 3 m 60 de hauteur utilisable, dans l'axe duquel s'élève jusqu'à la hauteur du mur circulaire un massif de 1 m 50 de diamètre. Ce massif supporte le pivot d'une passerelle en treillis, animée d'un mouvement tournant, qui supporte les agitateurs, au nombre de deux sur chaque rive de la passerelle. Le moteur qui actionne les agitateurs par l'intermédiaire de pignons et couronnes dentées est monté dans l'axe du bassin. La passerelle n'est pas actionnée par une commande positive; elle est mise en mouvement indirectement par la réaction de la boue sur les agitateurs, qui suffit pour faire tourner l'ensemble de la partie mécanique, à l'allure de un demi tour par minute, sauf si le bassin est presque vide.

On construit depuis peu en Angleterre un type perfectionné de mélangeur pour boue à agitation par l'air, dont le bassin est également circulaire; la poutre à treillis a son pivot au centre, et son extrémité repose sur la paroi du bassin. Cette poutre supporte un certain nombre de tuyaux verticaux pour l'arrivée de l'air; ces tuyaux plongent dans la boue jusqu'à proximité du fond du bassin, où ils sont recourbés vers l'arrière. Cette disposition donne un équipement très léger, et absorbe environ 6 ch pour un bassin contenant 750 tonnes de boue; la surpression de l'air est de 0,7 Kg/cm<sup>2</sup>.

La figure 18 (page 544) représente le mélangeur pour boue, à agitation par l'air, construit par MM. Ernest Newell & Co.

(À suivre.)

## Au sujet des annonces.

TOUTES les demandes de renseignements concernant les annonces dans " International Cement and Cement Manufacture " doivent être adressées à Concrete Publications Limited, 20 Dartmouth Street, London, S.W.1, England.

Le texte de l'annonce doit parvenir à cet office au plus tard le 25 du mois précédent celui de la parution. Dans le cas où un nouveau texte ne serait pas parvenu à cette date, les éditeurs se réservent le droit de reproduire le texte précédent.

Dans le cas d'annonces devant être imprimées en plus d'une seule langue, on doit fournir soi-même les traductions. Si on le désire, les éditeurs se chargent de ce travail de traduction, mais il est entendu qu'ils ne pourraient assumer aucune responsabilité en ce qui concerne l'exactitude de la traduction.

## Les poussières de ciment, et la végétation.

On entend dire souvent que les poussières émanant des cimenteries portent préjudice à la végétation, et nous croyons intéressant de reproduire à ce sujet une note de M. A. J. R. Curtis, de l'Association américaine du Ciment Portland, parue récemment dans la publication "Rock Products."

Lorsqu'une cimenterie fonctionne dans une contrée agricole pauvre, on est tenté d'imputer l'état de choses existant à sa présence; d'autres usines, en grand nombre, sont par contre situées au milieu de terres d'un rendement exceptionnel. Les craintes qu'inspirent les poussières de ciment, pour le préjudice qu'elles pourraient causer à l'agriculture, proviennent en grande partie de l'ignorance qui règne sur la nature de ces poussières, et sur les quantités qui s'en répandent.

Dans la fabrication du ciment, les matières premières dont on alimente les fours sont, les unes calcaires, les autres argileuses; ce sont les pierres calcaires qui prédominent, et de beaucoup, dans le mélange, variable suivant la composition de la roche dont on dispose. Ces matières premières sont à l'état de très fine division, et, au moment de leur introduction dans le four, une très faible fraction en est emportée à la cheminée avant d'arriver à la zone de calcination du four; dans la cheminée, on crée un obstacle qui contrarie l'entrainement des poussières à l'air libre, obstacle généralement constitué par un équipement électrique, ou autre. Il s'ensuit que, seule, une très faible proportion des poussières entraînées vers la cheminée se répand dans l'air. Les recherches faites à ce sujet montrent que la plus grande partie de ces poussières retombent dans un périmètre très restreint, et que la fraction emportée à plus grande distance n'est qu'une poudre impalpable. Quoique étant de dimensions extrêmement petites, ces particules sont parfaitement visibles, comme c'est du reste le cas pour la fumée du tabac.

Il est intéressant d'étudier la composition des poussières recueillies au voisinage des ateliers de broyage et de la cheminée; elles semblent ne contenir que peu de ciment cuit, ou même n'en contiennent pas du tout. Les poussières sont principalement constituées d'oxyde de calcium, d'acide carbonique combiné, de silice, et de quantités plus faibles d'oxyde de fer, d'aluminium et de magnésium. Le Service de la Santé Publique, aux Etats-Unis, a procédé, il y a quelques années, à des recherches étendues sur la question, et a trouvé, pour les poussières recueillies dans l'atelier de broyage d'une cimenterie, la composition suivante:

	%
Silice ( $\text{SiO}^2$ )	15,70
Oxydes de fer et d'aluminium	6,20
Chaux (oxyde de calcium)	41,93
Oxyde de magnésium	2,64
Acide carbonique, eau, et matières organiques	33,45
 Total	 99,92
	G

On aboutit à des déductions des plus intéressantes en comparant cette composition avec celle d'un bon engrais minéral de chaulage, tel que celui fourni par la National Fertilizer Association comme engrais normal de cette catégorie :

	%
Silice ( $\text{SiO}_2$ ) ... ... ... ... ... ... 7,41	
Oxyde d'aluminium 1,91	2,89
Oxyde de fer ... 0,98	
Oxyde de magnésium ...	18,17
Chaux (oxyde de calcium) ...	28,29
Autres oxydes ...	1,20
Acide carbonique 41,57	42,14
Eau ... 0,57	
Total ... ... ... ... ... ... 100,10	

Les deux compositions ci-dessus peuvent être considérées comme normales, et ce n'est que par hasard que deux échantillons, l'un de poussières de ciment, l'autre d'engrais minéral, présenteront une composition identique ; il est possible que des poussières recueillies, même à faible distance de l'usine, contiennent relativement une proportion plus faible de silice, lorsque cette dernière forme les particules les plus grosses et les plus lourdes qui passent par la cheminée, comme on l'admet couramment.

Il y a lieu de noter que, dans les engrais minéraux de la meilleure qualité, destinés au chaulage, les oxydes de calcium et de magnésium forment à eux deux 46,46% du total, et que, dans les poussières de la cheminée, la proportion de ces éléments de première importance ressort à 44,57%, proportion pratiquement la même que celle de l'acide carbonique et de l'eau, qui totalisent 42,14% dans la chaux commerciale, et 33,45% dans les poussières de la cheminée. Les deux compositions ci-dessus présentent une différence considérable quant à la proportion de silice, mais l'excès éventuel de silice ne peut présenter que des avantages pour la terre au point de vue physique, sans avoir d'influence néfaste sur la végétation, cette substance étant tout à fait inerte.

Les compositions précitées montrent nettement que les poussières des cimenteries doivent se comporter comme des engrais minéraux efficaces, et, en fait, s'il devait exister quelque différence au point de vue propriétés fertilisantes entre les produits du commerce courants, à base de calcaire, et les poussières des cimenteries, l'avantage resterait à ces dernières, qui sont dans un état de division plus fine, alors que les premiers sont généralement fournis dans un état plus grossier, et par suite moins facilement assimilable. Rappelons que le chaulage méthodique amende le sol, et que cette opération se fait généralement à grands frais.

Une question que l'on soulève quelquefois concerne la nocivité éventuelle de la présence de poussières accumulées sur les feuilles de certains végétaux ; or, la pratique montre que les céréales et autres plantations ne souffrent nullement de la proximité de routes empierreées, malgré la poussière dont elles se couvrent. Ces végétaux sont aussi vigoureux et mûrissent aussi bien que ceux qui poussent dans les mêmes conditions, mais loin des routes. La raison en est physique : les feuilles forment un écran dont le rôle est d'abriter les stomates, ou organes respiratoires, qui se trouvent pour la plupart sur leur face inférieure ; l'accumulation de poussières sur leur face supérieure ne peut ainsi exercer aucune influence nuisible sur le végétation.

La possibilité subsiste que l'humidité superficielle des feuilles réagisse sur les poussières de ciment, et ne crée ainsi des lésions préjudiciables à la plante ;

M. Ewert, professeur de chimie allemand, a rédigé sur ce sujet le seul mémoire approfondi dont nous ayons connaissance; ce savant expose que les expériences qu'il a faites aux abords de diverses cimenteries allemandes contredisent entièrement cette théorie. Les expériences de M. Ewert, qui ont eu lieu en Haute-Silésie, ont consisté à saupoudrer intentionnellement diverses plantes horticoles de poussières de ciment, et elles présentent un grand intérêt. Le saupoudrage des plantes était renouvelé assez fréquemment pour que les feuilles soient recouvertes de poussières à mesure de leur formation. A la suite de ses expériences de 1916 et de 1917, ce savant expose ce qui suit :

“ Les plantes saupoudrées en 1916 de poussières de ciment ou autres, ont donné sans exception le meilleur rendement dans l'ensemble; les mêmes résultats ont été obtenus en 1917. Seuls, et pour une raison encore obscure, les concombres saupoudrés de poussières calcaires sont devenus blets prématûrement, alors qu'à proximité d'une cimenterie en pleine marche, d'autres concombres se sont comportés normalement, quoique recouverts d'une couche de poussière de la même épaisseur.”

A la suite d'une série d'expériences s'étendant sur plusieurs années, M. Ewert résume ses conclusions comme suit :

(1) Les poussières de ciment ou de calcaire forment obstacle dans une certaine mesure à la lumière solaire incidente, et, dans les conditions normales ralentissent, à un certain degré, les phénomènes d'assimilation dont les feuilles sont le siège; tout compte fait, elles exercent cependant une influence nettement favorable sur la végétation. D'autre part, les poussières jouent un rôle utile pendant les périodes de sécheresse, du fait qu'elles recouvrent les cuticules des cellules épidermiques, et empêchent ainsi que la transpiration ne soit trop vive.

(2) Les poussières n'obstruent pas les ostioles de la face supérieure des feuilles.

(3) On n'a pu mettre en évidence aucune action défavorable des poussières de ciment ou de calcaire sur la fructification des fleurs; même pour les céréales, on n'a trouvé aucun indice d'anomalie dans la fructification.

(4) Les poussières de ciment et de calcaire apportent à l'agriculture une protection considérable contre les maladies dues aux insectes ou aux cryptogames parasites.

(5) En raison de leur teneur en chaux, les poussières émanant des cimenteries amendent le sol, et profitent aux bactéries utiles.

(6) L'action des poussières de ciment et de calcaire est généralement plus avantageuse que nuisible, ce qui est prouvé aussi bien par la pratique, que par l'ensemble des expériences faites à ce sujet.

### Avis.

Tous les articles publiés en quelque langue que ce soit dans CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE, sont rigoureusement de propriété littéraire, et ne peuvent être reproduits dans d'autres journaux, ou sous forme de catalogues, sans l'autorisation des propriétaires: Concrete Publications Limited, 20, Dartmouth Street, Westminster, Londres, S.W.1, Angleterre.

## Béton de clinker comme garniture réfractaire.

Nous avons reçu de M. Siedentopf la communication suivante : la durée de la garniture réfractaire de la zone de clinkerisation est toujours limitée, en raison de la température élevée à laquelle elle est soumise, et des réactions chimiques. Il en résulte que l'entretien des garnitures réfractaires intervient dans une proportion appréciable dans le prix de revient du ciment.

Il s'en suit que, dans de nombreuses cimenteries, on utilise un béton composé de clinker et de ciment produit sur place, au lieu de briques réfractaires ; le dosage adopté est voisin de un de clinker à haute résistance pour un de ciment. On obtient avec ce mélange une masse plastique par l'addition d'environ 8% d'eau. Ce genre de revêtement pour four possède les avantages suivants : on le confectionne à relativement peu de frais ; on l'obtient sans équipement onéreux ; on réutilise les garnitures ayant déjà servi ; on supprime les réactions chimiques entre le revêtement et les matières dont la cuisson s'opère.

On ne peut employer à cet usage n'importe quel clinker et n'importe quel ciment, ce qui est du reste le cas des briques réfractaires, dont peu de qualités répondent pleinement aux conditions qui se rencontrent dans la zone de clinkerisation. Le béton de clinker ne s'applique avantageusement que s'il provient d'un mélange de matières premières ayant une température de clinkerisation suffisamment élevée, et dont les températures de clinkerisation et de fusion ne sont pas trop rapprochées. Il ne faut, en outre, se servir que de clinker parfaitement cuit, et d'une teneur en chaux élevée (la matière première doit contenir au moins 78% de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ). Les mêmes remarques s'appliquent naturellement au ciment employé. Pour éviter tout mécompte, il faut choisir chaque fois le ciment et le clinker avec le plus grand soin. De plus, pour que la masse soit bien dense, sans inclusion d'air, les grains doivent être de dimensions très différentes, il faut tamiser les matières de façon que tous les fragments au dessus de 12 mm de diamètre environ soient rejettés, et il faut comprimer les matières mécaniquement. Dans certaines circonstances, il peut être avantageux de cuire un clinker d'une teneur en chaux extra-forte, uniquement en vue de la préparation du béton de clinker destiné au revêtement des fours.

Le béton de clinker peut également être employé avantageusement pour le revêtement des fours verticaux, si du moins sa teneur en chaux est forte. Il est cependant nécessaire de concasser le clinker du four vertical à la dimension qui convient à cet usage.

Le béton de clinker peut être coulé et clamé directement dans le four, mais cette opération demande une main d'œuvre considérable, et peut ne pas donner des résultats réguliers ; en outre, le four restera au repos pendant une durée assez longue, nécessaire au séchage du béton.

Une méthode bien plus avantageuse est de préparer les briques à l'avance, de les laisser durcir pendant quelques semaines, et de les mettre en place ensuite dans le four. En employant ce procédé, le four peut être mis à feu quelques heures plus tard, ou au plus tard le jour suivant, sans qu'il se produise de fissures ou de détériorations.

Pour obtenir des briques radiales de densité bien uniforme, on a créé un pilon mécanique, à masse tombant librement, donnant à la masse plastique un nombre de frappes déterminé. On peut régler le pilon pour que la masse tombe le nombre de fois voulu, et comme le travail se fait automatiquement, chaque brique reçoit le même nombre de frappes. Les moules sont tracés d'après le diamètre du four.

C E M E N T  
AND  
CEMENT MANUFACTURE  
DIE INTERNATIONALE ZEMENTZEITSCHRIFT IN VIER SPRACHEN.

DEUTSCHER TEIL

VERLEGT BEI CONCRETE PUBLICATIONS, LIMITED,  
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, ENGLAND.  
Erscheint am 20 jeden Monats. Preis 2 Schilling das Heft. Postfreier Jahresbezug 24 Shilling.

**Mess- und Anzeigegeräte für  
Drehöfen.—III.**

von A. C. DAVIS.

(BETRIEBSDIREKTOR DER ASSOCIATED PORTLAND CEMENT MANUFACTURERS, LTD.)

**Optische Pyrometer.**

DIE Temperatur des Materials beträgt in der Brennzone eines Drehofens etwa 1500° C., und die der Flamme ist noch höher. Es ist daher ganz unmöglich, Instrumente wie solche Pyrometer zu verwenden, welche eine Berührung mit dem Material erheischen, dessen Temperatur gemessen werden soll. Es ist erforderlich, ein Instrument zu verwenden, das entweder auf optischen Verfahren oder auf der vom Material gestrahlten Wärme beruht. Wenn die Temperatur eines Körpers genügend hoch ist, so wird ebenso wie Licht etwas von seiner Energie sichtbar. Diese Erscheinung ist Jahrhunderte hindurch verwendet worden und wird noch in vielen Industrien zur Bestimmung der Temperatur eines heißen Körpers benutzt. Man kann daher mit Bestimmtheit behaupten, dass das menschliche Auge das älteste bekannte Pyrometer ist. Unglücklicherweise kann man sich dort, wo Genauigkeit erforderlich ist, nicht auf die optische Messmethode verlassen, da das Auge von zwei verschiedenen Beobachtern selten in gleicher Weise beeinflusst wird. Das Auge, das den Grad der Helligkeit misst, wird durch das Material und die Zeitdauer, während welcher es auf den heißen Körper gerichtet ist, beeinflusst. Auch die verhältnismässige Helligkeit des umgebenden Raums wird eine offenkundige Differenz in der Helligkeitsintensität verursachen. Aus den gleichen Gründen können optische Pyrometer, die ein absorzierendes Mittel zwischen dem heißen Körper und dem Auge verwenden, keine beständigen und genauen Ergebnisse liefern, es sei denn, dass der Beobachter lange Erfahrung hat.

Eine einfache Form des optischen Pyrometers, welches unter die zuletzt erwähnte Type einrangiert wird, ist kürzlich entwickelt worden und auf Abb. 32 (Seite 518) wiedergegeben. Sie besteht aus einem Stück Glas von etwa 15 cm Länge, welches in wachsendem Masse von der einen zur anderen Seite geschwärzt ist und welches in einem Rahmen montiert ist auf dessen Länge eine Sehvorrichtung bewegt werden kann. Das Pyrometer ist gegen eine Normalkerze durch Bewegen der Sehvorrichtung längs der Skala geteilt, bis ein Punkt ermittelt wird, wo das Bild der Kerze völlig verschwindet. Dieser Punkt entspricht einer bestimmten und bekannten Temperatur und ist als Punkt für künftige Beobachtungen markiert. Bevor ein Beobachter das Instrument verwenden kann, muss er sein Sehvermögen mit dem desjenigen vergleichen, der das Pyrometer kalibriert hat. Dieses erfolgt mit Hilfe einer Normalkerze und durch Beobachtung der Zahl von Graden, welche die Sehvorrichtung über oder unter die Normalstellung bewegt werden muss, um vollständiges Verschwinden des Kerzenbildes zu erhalten. Der Beobachter kann alsdann die Sehvorrichtung direkt auf den zu messenden heissen Körper richten und durch Bewegen der Sehvorrichtung über das geschwärzte Glas kann ein Punkt ermittelt werden, an welchem der heisse Körper nicht länger sichtbar ist. Die offensichtliche Temperatur wird dann von der Skala abgelesen, und hierzu muss die Differenz zwischen der Normalkalibrierung und der Kalibrierung des tatsächlichen Beobachters addiert oder subtrahiert werden.

Eine andere Form des optischen Pyrometers (Abb. 33, Seite 519), das sehr verlässliche Resultate ergibt, verwendet einen Draht, der durch einen elektrischen Strom erhitzt wird. Der Faden, der zur Vermeidung von Aufspleissen und Schwankungen in der Helligkeit beim Passieren eines bestimmten Stroms nach längerem Gebrauch auf besondere Weise „gealtert“ ist, ist in einem Rohr angebracht, das ein optisches System enthält, durch das der zu messende heisse Körper an einer Stelle des Rohrs, die dem Glühlampenfaden benachbart ist, in den Brennpunkt eingestellt werden kann. Der Faden befindet sich in einer Reihe mit einem Ammeter und einem variierbaren Widerstand. Durch Ändern des letzteren kann die Temperatur des Fadens so eingestellt werden, dass sie dem im Brennpunkt befindlichen heissen Körper entspricht, bis keine Differenz mehr in der Helligkeit besteht. Die Widerstandsänderung erzeugt eine Stromänderung, welche sich auf dem Ammeter in Temperaturgraden ausdrückt. Das Ammeter ist vorher kalibriert worden. Das Auge ist in der Lage, einen sehr kleinen Unterschied in der Helligkeit des Fadens und des heissen Körpers zu entdecken, und es besteht keine Schwierigkeit, bei 500° C. einen Unterschied von nur 2° C. abzulesen.

Es gibt verschiedene Typen von Pyrometern, die bei ihrer Benutzung von der von einem schwarzen Körper gestrahlten Wärme abhängen, doch besitzen sie sämtlich ein optisches System, welches veranlasst, dass die gestrahlten Wärmewellen auf einer Stelle gesammelt werden. Es ist bekannt, dass die von der Sonne ausgehende Strahlungswärme durch eine Linse so konzentriert werden kann, dass Entzündung eintritt. In der gleichen Weise wird die Strahlungswärme bei einem Strahlungspyrometer in Brennpunkt gesammelt, damit diese auf ein Thermoelement oder durch andere Methoden der Temperaturmessung wirkt. Dieses Prinzip wird bei dem Féry-Pyrometer, von dem es verschiedene Formen gibt, angewendet.

Die frühere Form dieses Instruments (Abb. 34, Seite 519) war schwerfällig, indem das optische System ein Dreifussstativ erforderte, da es notwendig war, den Gegenstand in den Brennpunkt zu bringen. Es sind indessen Konstruktionsverbesserungen durchgeführt worden, und es ist jetzt möglich

ein Instrument zu erhalten, wie es auf Abb. 35 (Seite 520) gezeigt wird, das tragbar ist, mit einer Hand gehalten werden kann und die Einstellung auf den Brennpunkt nicht erforderlich macht, sofern gewisse einfache Anweisungen ausgeführt werden. Es sind sehr genaue Ergebnisse mit dieser Art von Pyrometer möglich, vorausgesetzt, dass die Oberfläche des schwarzen Körpers, welcher bei dieser Art von Pyrometer benutzt wird, das Objektglas des optischen Systems völlig ausfüllt.

Es herrscht häufig beträchtliche Verwirrung hinsichtlich dessen, was als schwarzer Körper gelten soll. Ein wirklicher schwarzer Körper wird keinerlei Licht von umgebenden Lichtquellen reflektieren, sondern alle auf ihn fallenden Strahlen absorbieren. Das Innere eines Ofens kann als schwarzer Körper angesehen werden, sofern die Öffnung, durch welche beobachtet wird klein ist, da sämtliche Strahlungswärme aus dem Inneren des Ofens kommen muss. Wo jedoch ein Gegenstand von einer äusseren Lichtquelle wie z.B. der Sonne Licht empfangen kann, oder aber es sich nicht um einen wahren schwarzen Körper handelt, wird Strahlungsenergie von seiner Oberfläche absorbiert oder reflektiert, und die Ablesung am Pyrometer wird ungenau werden. Ein Körper, der unter gewissen Bedingungen als ein wahrer schwarzer Körper angesehen werden kann, kann sich durch die Bildung einer Oxydhaut ändern, wenn er der Luft ausgesetzt wird. Man wird dann erkennen, dass unter gewissen Bedingungen grosse Sorgfalt notwendig ist bei der Verwendung dieser Art von Instrument. Die Brennzone eines Drehofens kann man als einen wahren schwarzen Körper ansehen.

Eine andere Form des Strahlungspyrometers (Abb. 36, Seite 521) verwendet anstatt des Thermoelements eine Doppelmetallstripe, die wie ein Tau zusammengelegt ist. Durch ein optisches System wird die Strahlungswärme auf dem Doppelmetallknäuel im Brennpunkt gesammelt, und infolge der Verschiedenheit der Ausdehnung beider Metalle, aus denen das Knäuel gemacht ist, hat dieses die Tendenz seinen Durchmesser zu vergrössern oder zu verkleinern je nach der Temperatur des zu messenden Gegenstandes. Die Bewegungen des Knäuels werden auf eine Nadel übertragen, die sich über eine Skala bewegt. Dieses Instrument kompensiert völlig Änderungen der Lufttemperatur und der Wärme, die auf das Instrument gestrahlt wird. Seine Abmessungen betragen in der Länge etwa 20 cm und im Durchmesser 6 cm; es ist daher sehr bequem zu tragen, und da keine Brennpunkt- oder andere Einstellung erforderlich ist, können die Ablesungen schnell erhalten werden.

#### Gewicht des Brennstoffs.

Mit wenigen Ausnahmen wird Kohle in pulverisierter Form verwendet, um die hohen Temperaturen zu erzeugen, welche notwendig sind, um die chemischen Umsetzungen hervorzubringen, die in einem Drehofen stattfinden. Die Ausnahmen betreffen gewöhnlich Fabriken, die sich in der Nähe einer billigen Bezugsquelle für Oelfeuerung befinden. Wenn Oelfeuerung verwendet wird, ist es leicht, die verbrauchte Menge zu messen, da verschiedene Formen von Messinstrumenten, wie die vom Rotier- oder Verdrängungstyp zur Verfügung stehen. Diese sollten nicht im Einzelnen behandelt werden, da die Verwendung der Oelfeuerung eine begrenzte ist. Abb. 37 (Seite 521) stellt einen Schnitt durch ein Messinstrument vom Verdrängungstyp dar.

Wo Kohle verwendet wird, wird im allgemeinen gewogen oder gemessen, bevor diese in Staubkohle übergeführt ist. Mit der Einführung von Einheitsmahlvorrichtungen zum Befeueren von Drehöfen ist es eine verhältnismässig einfache Angelegenheit geworden, das Mass der Zufuhr durch Einschaltung einer Waage oder einer Messvorrichtung zwischen dem Rohkohlenbehälter und dem Mahlaggregat zu bestimmen. Die Kohle wird im allgemeinen durch eine Muldenwaage gewogen, doch ist es in vielen Fällen vom Standpunkt der Anlage

des Werks einfacher, eine Art Messvorrichtung zu verwenden, welche das Volumen misst, worauf das Volumen in Gewicht umgerechnet wird.

Die letztere Form der Messvorrichtung ist als „Kubikmesser“ bekannt, und ihre Anwendung wird auf Abb. 38 (Seite 522) gezeigt. Sie besteht aus einem kurzen Bandtransporteur, der zwischen zwei senkrechten auf beiden Seiten befindlichen Platten läuft, und einem beweglichen Rost, der die Höhe des Brennstoffs misst. Durch geeignete vervollständigende Mittel kann die kubische Abmessung der Kohle innerhalb eines bestimmten Zeitraums erfolgen, und sie wird auf der Anzeige-oder Registriervorrichtung als Mass der Zufuhr in Pfund oder Tonnen per Stunde gezeigt. Diese Art der Messung besitzt den Vorteil, dass ausser der Registrierung der in jedem Zeitraum verbrauchten Menge es möglich ist, jeden Augenblick das Mass der Zufuhr festzustellen. Die Umwandlung der kubischen Messung auf das Gewicht schliesst die Anwendung einer Konstante in sich, die mit den verschiedenen Arten der Kohle und ihrem Feuchtigkeitsgehalt schwanken wird. Es ist daher erforderlich, das Gewicht eines Kubikfuss der verwendeten Kohle zu kontrollieren.

Wenn die Kohle in Staubform gemessen werden soll, so kann dieses so erfolgen, dass man einen Lagerbehälter für gemahlene Kohle verwendet, da es üblich ist, sich auf die Registrierung der Umdrehungen einer Schnecke zu verlassen, welche die Staubkohle durch ein Rohr fördert. Dieses mag zunächst als ein befriedigendes Verfahren angesehen werden, doch fliesst die Kohle nicht gleichmässig aus dem Zufuhrbehälter zur Schnecke, und daher kann die Schnecke zeitweise teilweise oder völlig leer sein. Ausserdem ist es möglich, dass die Kohle in der Schnecke in dem einen Augenblick dichter zusammenbackt als in einem anderen.

#### Luftzufuhr zum Ofen.

Die Luft zur Verbrennung des Feuerungsmaterials im Ofen wird in zwei Teilen eingeführt, von denen die eine als Primär-die andere als Sekundärluftzufuhr bekannt sind. Die Primärluft wird mit dem Brennstoff eingeführt und kann entweder Atmosphären-oder aber höhere Temperatur besitzen. Die Sekundärluftzufuhr kommt entweder durch den direkt verbundenen oder unabhängigen Drehkühler, in welchen ein Wärmeaustausch zwischen dem heissen Klinker und der eintretenden kalten Luft stattfindet. Diese Sekundärluft tritt in den Ofen durch die um das Brennrohr belegene Haube ein. Es ist fast unmöglich verlässliche Messungen der Menge an Sekundärluft zu erhalten, wegen der Tatsache, dass sie nicht völlig den Kühler passiert, da beträchtliche Leckagen in den Verbindungen zwischen Ofen und Kühler und Brennhaube und Kühler vorhanden sind. Es ist daher notwendig, die Messungen auf die Primärluftzufuhr zu begrenzen, und wo man dieses für erwünscht hält, können verschiedene Methoden der Messung angewendet werden.

Die gewöhnlichste Form eines Instruments ist das Pitotrohr. Dieses besteht aus zwei Rohren von kleinem Durchmesser, die so angeordnet sind, dass das Ende des einen sich im rechten Winkel zum Luftstrom und das andere sich in der Richtung gegen den Luftstrom befindet. Die beiden Rohre sind in einer Stellung von durchschnittlichem Luftstrom im Rohr angebracht. Die beiden anderen Enden sind mit einem Differentialmesser verbunden.

Ist der Druck positiv wie auf der Abgabeseite des Gebläses, so wird das im rechten Winkel zum Fluss stehende Rohr den statischen Druck angeben und das in gleicher Richtung befindliche die Summe des statischen und Geschwindigkeitsdrucks oder die gesamte Wasserdrukmessung.

Wenn beide Rohre an die entgegengesetzten Seiten des gleichen Messers angeschlossen sind, so ergibt die Differentialablesung den Geschwindigkeitsdruck.

Die Verhältnisse sind etwas andere, wenn der Druck negativ ist wie auf der Saugseite des Gebläses. Das zum Strom im rechten Winkel stehende Rohr ergibt dann den gesamten Saugzug und das dem Strom zugewandte Rohr die Differenz zwischen dem statischen und den Geschwindigkeitsdrucken, wenn jedes an eine Seite des U-Messgeräts angeschlossen ist.

Es ist nach einfachen Formeln möglich, das durch einen Kanal in jeder Zeiteinheit passierende Volumen zu berechnen, wenn der Geschwindigkeitsdruck, die Querschnittsfläche des Rohrs und die Lufttemperatur bekannt sind. Das Pitotrohr arbeitet durchaus zufriedenstellend, sofern die Luft gemessen wird, bevor irgendwelche Staubkohle hereingebracht wird. Nach Zusatz der Kohle ist es ganz zwecklos, da der kleine Durchmesser der Rohre schnell verstopft wird. Es sind Abänderungen des Pitotrohrs durchgeführt worden, die völlig befriedigend zur Verwendung in staubigen Stellungen arbeiten sollen. Abb. 39 (Seite 524) zeigt ein Instrument dieser Art, doch ist es wesentlich besser, eine Stellung in der Rohrleitung auszuwählen, bevor die Kohle zugesetzt wird.

Auch der Venturi-Messer (Abb. 40, Seite 524) kann zur Messung der Luftpunktmengen verwendet werden. Seine Wirksamkeit beruht auf der Geschwindigkeitssteigerung, die erzielt wird, wenn die Querschnittsfläche eines Rohrs reduziert wird und auf dem resultierenden Unterschied im Druck, der zwischen zwei Punkten im Rohrsystem auf verhältnismässig geringem Abstand erzeugt wird. Ein Vorteil des Venturi-Messers besteht darin, dass der Druckverlust quer zum ganzen Apparat sehr klein ist, da bei richtiger Dimensionierung der Zu- und Abseiten vom Punkte der stärksten Einschnürung 85% der erforderlichen Stärke zur Erzeugung der Geschwindigkeit zurückgewonnen wird. Wie beim Pitotrohr kann eine Wassersäule oder eine andere Messeinrichtung verwendet werden, um den Druckunterschied zu messen, und diese kann in Mengenangaben kalibriert werden.

Wo es unbequem ist, einen Venturi-Messer zu verwenden, der gewöhnlich eine beträchtliche Länge der Rohrleitung ausmacht, kann ein Messinstrument vom Öffnungstyp verwendet werden. Dieses besteht (vgl. Abb. 41, Seite 524) aus einer Platte, die in ihrer Mitte ein Loch von kleinerem Durchmesser als das Rohr besitzt, und die im rechten Winkel zum Strom eingeführt wird. Diese Platte wirkt wie eine Luftkehle und erzeugt eine grosse Druckdifferenz zwischen den Zu- und Abseiten; die Unterschiede werden durch ein Instrument gemessen, entweder in Wasserdruk oder direkt in Flüssigmengen. Der Druckabfall an der Verengung beträgt gewöhnlich mehrere Zoll Wasserdruk, die völlig verloren gehen.

#### Klinkertemperaturen.

Die Temperatur des, einen Trommel-oder direkt verbundenen Kühler verlassenden Klinkers sollte so niedrig wie nur möglich sein, um den Maximalwärmeaustausch vom Klinker auf die Sekundärzufuhrluft zu sichern, und um den Klinker in einem Zustande abzuliefern, bei dem bequem mit ihm hantiert werden kann, sei es durch einen Bandtransporteur oder durch andere Hilfsmittel. Unter richtigen Betriebsbedingungen sollte die Temperatur beträchtlich unter 95° C. liegen. Es ist nicht möglich, die Temperatur kontinuierlich zu messen, da sie unterhalb der Grenzen optischer oder Strahlungsmessmethoden liegt, und es dürfte äusserst schwierig sein, ein Pyrometer zu verwenden, weil der Kühler rotiert und die abnutzende Natur des Klinkers sehr schnell alles das verschleissen würde, was mit dem Klinker in Berührung gerät. Die übliche Methode besteht darin, von Zeit zu Zeit eine Probe zu entnehmen und die Temperatur mit einem gewöhnlichen Thermometer zu ermitteln.

### Strahlungs-und Konvektionsverluste.

Es ist oft erforderlich die Manteltemperaturen eines Ofens oder eines Kühlers zu messen, da es aus diesen möglich ist, den Strahlungs-und Konvektionsverlust zu berechnen. Verschiedene Hilfsmittel stehen zur Verfügung, um diese Temperaturen zu bestimmen. Die Temperaturen schwanken von 260° C. abwärts.

Eine besondere Pyrometerform, welche ein Thermoelement vom Streifentyp verwendet, ist für diesen Zweck ausgesprochen geeignet. Der Thermostreifen, der etwa 1,2 cm weit und 20 cm lang ist, ist in einem leichten Rahmen wie ein Bogen und eine Saite am Ende eines langen leichten Handgriffs eingespannt. Kontakt zwischen der Mitte des Thermostreifens oder der Saite und der Oberfläche der zu messenden Temperatur ist alles, was nötig ist. Die Temperatur wird auf einer Anzeigevorrichtung gewöhnlicher Art angezeigt.

Eine andere und direkt Methode zur Messung der Strahlungs-und Konvektionsverluste wird durch ein Instrument ausgeführt, das als Oberflächenwärmeflussmesser bekannt ist. Dieser Apparat ist verhältnismässig einfach und hat, obwohl die Ergebnisse nicht so genau sind wie mit anderen umständlichen Verfahren, den Vorteil, verhältnismässig schnell in der Anwendung zu sein und Resultate zu ergeben ohne umständliche Rechnungen.

Ein Instrument, das sich zur Verwendung an einer flachen Oberfläche eignet, wird diagrammartig auf Abb. 42 (Seite 525) gezeigt und die Abb. 43 (Seite 526) stellt die Vor-und Rückansicht eines Instruments dar. Die wesentlichen Teile des Apparats bestehen aus einer Luftkammer, die mit einem empfindlichen Manometer und einer verengten Oeffnung verbunden ist, welche letztere die Form eines Kapillarrohrs, das mit der Kammer verbunden ist, annimmt. Wenn die der Wärme ausgesetzte Oberfläche der Kammer so plaziert wird, dass sie einen Strom von Wärme empfängt, wird der Luftdruck in der Kammer steigen, und dieser wird sich proportional zu dem Masse der Wärmeströmung in die Kammer verhalten. Steigt der Druck, wird etwas Luft durch das Kapillarrohr entweichen, doch wird ein Ausgleichzustand dann gegebenenfalls erreicht, wenn das Mass des Luftverlustes infolge Ausdehnung genau das Mass der Drucksteigerung infolge des Einströmens von Wärme in die Kammer kompensiert. Das Messen des ständigen Drucks wird als Mass der Wärmeströmung verwendet.

Die Vorderseite der Kammer, welche die Wärme aufnimmt, ist auf beiden Oberflächen matt schwarz, während der Rest poliert ist. Die Kammer ist innerhalb eines zurückspringenden Wassermantels montiert, der polierte Wände besitzt. Es ist notwendig, das Instrument durch direkten Versuch zu kalibrieren, das angewendete Verfahren besteht darin, die Ablesung am Apparat mit den bekannten Wärmeverlusten einer elektrisch erhitzen Kupferplatte zu vergleichen. Durch Variieren dieser bekannten Verluste kann man eine graphische Kalibrierungsaufzeichnung erhalten, welche das Verhältnis zwischen den Manometerablesungen und den Strahlungs-wie Konvektionsverlusten per qm und Stunde in Kal. anzeigt.

### Abwiegen des Klinkers.

Das Abwiegen des Klinkers ist ein wesentlich schwierigeres Problem als das Abwiegen der anderen Materialien, da wegen seiner abschleifenden Natur arbeitende Teile wie z.B. Messerschneiden einer sehr starken Abnutzung unterliegen, die die Genauigkeit der Waage schnell beeinträchtigen. Aus dem gleichen Grunde haben sich Messinstrumente, welche auf der kubischen Messung beruhen, bis jetzt nicht als erfolgreich erwiesen. Wenn das Gewicht bestimmt wird, ist es üblich, eine Muldenwaage zu verwenden. Eine Type besteht aus

einer in vier Teile geteilten Drehtrömmel, die derart konstruiert ist, dass, wenn ein gewisses Klinkergewicht in die oberste Abteilung gelangt, ist, der Schwerpunkt so verändert wird, dass die Trommel sich dreht; der gefüllte Teil entleert sich dann von selbst, und der ihm nächste nimmt die Stellung ein, die vorher von dem gerade entleerten eingenommen war. So oft die Maschine weiterkippt wird durch eine Zählvorrichtung aufgezeichnet, doch muss das gesamte Gewicht in einem Zeitraum berechnet werden. Dieses bedingt die Anwendung einer Konstante, die vorher durch Kalibrierungsversuche bestimmt werden muss.

Typische Vorrichtungen auf Werken werden in den Abb. 44, 45 und 46 (Seite 526 und 527) gezeigt.

Abb. 44 (Seite 526) zeigt die Kombination einer  $\text{CO}_2$  und Sauerstoffregistriervorrichtung, ein Katharometer für elektrische  $\text{CO}_2$ -Aufzeichnung, einen Gasprobennehmer für langen Zeitraum und einen Orsatapparat. Abb. 45 (Seite 527) ist die Ansicht eines Ofenkontrollschatzbretts, das mit Zug- und Druckanzeigevorrichtungen und Reguliervorrichtungen für die Geschwindigkeit des Ofens, der Kohlenufahrt und der Schlammaufgabe ausgerüstet ist. Abb. 46 (Seite 527) zeigt eine Ofenregulierstafel mit Pyrometer, Anzeigevorrichtung für Zwölfstellenschaltung, und Anzeigevorrichtungen für Zug und Druck.

Die vorstehenden Ausführungen machen nicht den Auspruch alle Mittel zur Bestimmung der vielen Faktoren, welche bei der wissenschaftlichen Kontrolle der mit einem Drehofen verbundenen Betriebsphasen auftreten können, erschöpfend behandelt zu haben, doch ist versucht worden, die Prinzipien zu zeigen, welche damit verknüpft sind und die Art, in welcher die vielen Typen von Instrumenten erfolgreich auf einen Fabrikationsprozess, der selbst in diesen aufgeklärten Zeiten noch eine Kunst ist, die die Geschicklichkeit und die Urteilskraft des Menschen erfordern, zur Anwendung gelangen können.

Der Verfasser ist den folgenden Firmen für das Zurverfügungstellen gewisser Abbildungen zu Dank verpflichtet: Foster Instrument Co., Ltd., Abb. 1, 2, 4, 33, 35, 42, 43; Electroflo Meters Co., Ltd., Abb. 5, 6, 17, 30, 31, 46; Duguids, Ltd., Abb. 26; J. Hopkinson and Co., Ltd., Abb. 28, 29; Lea Recorder Co., Ltd., Abb. 10, 38; George Kent, Ltd., Abb. 27; Cambridge Instrument Co., Ltd., Abb. 3, 11, 12, 34; Walker, Crossweller & Co., Abb. 13, 22, 23, 24; Viozone, Ltd., Abb. 32; W.R. Patents, Ltd., Abb. 14, 15, 25.

## INTERNATIONAL

### "CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE"

#### Bezugspreise.

AUF Grund der sehr stark vermehrten Herstellungskosten von „CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE“ in seiner neuen Form, ist es notwendig gewesen, den Preis auf 2 Shilling für jedes Heft zu erhöhen. Der jährliche, in der ganzen Welt postfreie Bezugspreis beträgt 24 Shilling. Augenblickliche Bezieher, welche auf Grund unserer früheren Subskriptionsliste im Voraus bezahlt haben, werden so lange die Hefte zum alten Preise weiter erhalten, bis ihr gegenwärtiges Abonnement abläuft.

Der jährliche Bezugspreis ist an „CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE“, London, S.W.1, Dartmouth Street 20, England einzusenden, worauf die Hefte regelmässig monatlich für die Dauer des Bezugs zugestellt werden.

## Probenehmen und Analysieren von Kohle.

DIE „British Engineering Standards Association“ hat englische Normen für das „Probenehmen und Analysieren von Kohle für Export“ (Preis: 2 Schilling netto) herausgegeben.

Der erste Teil behandelt die Methoden des Probenehmens. Bei der Probentnahme aus Waggons soll die erforderliche Zahl der Proben auf die gesamte Zahl der Waggons in einer Sendung gleichmässig verteilt werden. Löcher sollen so tief und eng wie nur möglich ausgeschaufelt werden, aber nicht weniger als 30 cm tief und zwar in Abständen von etwa 1/6 der durch die Ecken der Waggons gehenden und von der Mitte verlaufenden Diagonalen. Die Lage der Löcher soll gleichmässig von Waggon zu Waggon gewechselt werden. Jedes Loch soll möglichst derart ausgehölt werden, dass eine vertikale Wand auf der Seite des zur Mitte des Waggons zunächst liegenden Lochs bleibt, und dann soll die Probe durch Schürfen mit der Probeschaufel von Boden nach der Oberseite der steilsten Lochseite entnommen werden. Andrerseits soll die Probe von unterhalb des Lochbodens entnommen werden. Die von oben genommenen Proben des Waggons können nicht als massgeblich für den Feuchtigkeitsgehalt in gewaschener oder anderweitig durchfeuchteter Kohle angesehen werden. Bei solchen Kohlen, von denen eine Probe nicht aus dem ganzen Waggon bei seiner Ausladung erhalten werden kann, soll das Muster für die Feuchtigkeitsbestimmung vom Boden eines Lochs entnommen werden, das in der Mitte des Waggons gegraben wird und zwar möglichst nahe an der halben Tiefe der Kohle.

Bei Behandlung der Frage zu grosser Probestücke wird bestimmt: „Mit Rücksicht auf die Tatsache, dass erfahrungsgemäss das Brechen oder Mahlen gewaschener Kohle zu einem beträchtlichen Feuchtigkeitsverlust führt, wird dort empfohlen, wo die Feuchtigkeit in gewaschener Kohle bestimmt werden soll bei der Ankunft, dass das Grossmuster innig gemischt werden soll und ein separates Muster zur Bestimmung der Feuchtigkeit von wenigstens 4,5 kg in kleinen über den Haufen gleichmässig verteilten Stücken entnommen werden soll. Dieses Muster zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehalts soll schnell versiegelt und direkt an das Laboratorium, gut etikettiert als „Feuchtigkeitsprobe“ gesandt werden. Wenn in solchen Fällen das Mindestmuster einer Grossprobe weniger als 45 kg beträgt, so soll die tatsächlich zusammengesuchte Probe um nicht weniger als 4,5 kg vermehrt werden. Das gesamte aus grossen Stücken bestehende Muster oder aber der übrigbleibende Teil nach Auslesen eines besonderen Teils zur Feuchtigkeitsbestimmung soll möglichst derart gebrochen oder gemahlen werden, dass es ein Sieb von 6,35 mm Maschenweite passiert und soll dann wie folgt behandelt werden“:

Bei Anwendung der Handmethode: (1) das gesamte Grossmuster wird auf den Boden gelegt, und die Kohle wird zwei-oder dreimal schnell aber innig gemischt durch Aufhäufen und Umwenden nach einer anderen Stelle. (2) Es soll dann ein kegelförmiger Haufen hergestellt werden, indem jede volle Schaufel auf die vorhergehende geschüttet wird, wobei darauf geachtet werden soll, dass sie auf die Spitze des Kegels entleert wird so, dass die die Seiten herunterrollenden Teile möglichst gleichmässig verteilt werden und der Mittelpunkt des Kegels sich nicht verschiebt. Einige grössere Stücke können herunterrollen und sich an der Grundfläche so verteilen, dass der Arbeiter diese vorsichtig an die Kante des Kegels zurückziehen kann. Es soll dann in

ähnlicher Weise zweimal ein neuer Kegel hergestellt werden, wobei darauf sorgfältig darauf geachtet werden soll, dass an dem vorhergehenden gleichmässig gearbeitet wird, bis alles auf den neuen geschafft ist. Der dritte Kegel soll nun gleichmässig durch wiederholtes Schlagen mit der Schaufelkante oder durch ein Brett längs der achsialen Flächen geebnet werden, wobei radial um den Kegel gearbeitet wird und Schaufel oder Brett nach jeder Einschaltung deutlich gehoben werden. Der eingeebnete Haufen soll gleichmässige Stärke und gleichen Durchmesser besitzen, und sein Mittelpunkt soll mit dem des ursprünglichen Kegels zusammenfallen. Die Probe soll dann in vier Teile geteilt werden, indem der Haufen in Viertel nach zwei Diagonalen, die sich in rechten Winkeln schneiden, markiert wird. Dieses kann genau und schnell erfolgen durch eine metallenes Blechkreuz mit vier Armen oder Schneiden im rechten Winkel, die im Zentrum verbunden sind, und durch Stützen oder Verstärkung ihrer oberen Kanten im rechten Winkel zusammengehalten werden. Das Kreuz wird zentral auf den Haufen gesetzt, und die dünnen unteren Kanten seiner Flächen werden in die Kohle gedrückt. Jedes Paar gegenüberliegender Haufen soll dann zu einem gesonderten Haufen geschaufelt werden, und einer dieser Haufen soll verworfen werden. Die Operation (2) soll wiederholt werden, bis etwa 4,5 kg übrig bleiben. Wenn noch kein gesondertes Muster zur Bestimmung der Feuchtigkeit entnommen ist, so soll dann eine Probe von 1 kg entnommen werden.

Das erste Verfahren zur Bestimmung der Feuchtigkeit geht wie folgt vor sich: Wiege 2-10 g lufttrockne Kohle, die so gemahlen ist, dass sie ein Sieb von 558 Maschen/qcm passiert, in ein flaches mit gut schliessendem Deckel versehenes Gefäss ab. Die Fläche des Wägegefäßes muss derart sein, dass das Gewicht der Kohlenlage 0,3 g/qcm nicht überschreitet. Man erhitzt die unbedeckte Kohle eine stunde lang auf eine Temperatur von 105-110° C., kühle das bedeckte Gefäss in einem Exsikkator ab, der konzentrierte Schwefelsäure oder Kalziumchlorid enthält und wäge bedeckt. Den Gewichtsverlust bringt man als Feuchtigkeitsgehalt zum Ausdruck.

Die erste Methode zur Bestimmung der Feuchtigkeit in der eingetroffenen Kohle wird wie folgt ausgeführt: Man breite die Probe von nicht weniger als 1 kg Kohle auf tarierten Metallmulden aus und wiege beides. Man trockne die Kohle einige Stunden in staubfreier Luft bei einer 50° C nicht überschreitenden Temperatur, bis das Gewicht bei Zimmertemperatur ungefähr konstant bleibt. Man notiere den Gewichtsverlust. Wenn der Musterbehälter feucht ist, sollte er mit der Probe gewogen und getrocknet werden. Man mahle die lufttrockne Probe, ohne sie Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen auszusetzen so, dass sie ein Sieb von 15½ Maschen/qcm passiert, und mische sie innig. Man nehme Kohlenteile von 30 g und trockne sie auf konstantes Gewicht bei einer Temperatur von 105-110° C. im Ofen unter Benutzung möglichst flachbodiger grösserer Behälter zur Aufnahme der Kohle, die eine Fläche von 60-70 qcm und Deckel besitzen. Das Trocknen sollte in der Regel nicht länger als 1½ Stunden dauern.

Es werden weiter die Tiegel- und Muffelverfahren zur Bestimmung der flüchtigen Substanz beschrieben:

**Tiegemethode.**—Man wiege 1 g lufttrockne Kohle, die auf eine Feinheit, dass ein Sieb von 558 Maschen/qcm passiert wird, gemahlen ist, in einen Platintiegel, der mit gut passendem Deckel versehen ist, welch letzterer in der Mitte ein Loch enthält von nicht mehr als 2 mm Durchmesser. Man stelle den bedeckten Tiegel auf ein geeignetes Stativ wie ein Platin- oder Nickelchrom-Drahtdreieck oder auf einen Ring aus feuерfestem Material und erhitzt ihn 7 Minuten über einer Flamme auf eine Temperatur von 965° C. mit  $\pm 5^\circ$  C. Toleranz. Man kühle den Tiegel zunächst schnell auf einer kalten Eisenplatte

ab, um Oxydation des Inhalts zu verhindern und endlich in einem Exsikkator, worauf gewogen wird. Der Gewichtsverlust abzüglich der gesondert bestimmten Feuchtigkeit stellt den Gehalt an flüchtiger Substanz dar.

Der Tiegel soll folgende Dimensionen besitzen: Durchmesser am Boden 24-25 mm, Durchmesser am oberen Rand 34 mm, Höhe 35-40 mm, Fassungsvermögen 25-30 ccm.

Der Apparat soll so aufgestellt werden, dass eine Temperatur von 965° C. mit  $\pm 5^\circ$  C. Toleranz auf dem Boden des bedeckten Tiegels wie angegeben durch beginnendes Schmelzen eines Kristalls aus reinem Kaliumchromat erreicht wird und sieben Minuten nach der Bestimmungsvorschrift erhitzt wird.

**Muffelmethode.**—Man wiege 1 g lufttrockne Kohle, die gemahlen ist, dass sie ein Sieb von 558 Maschen/qcm passiert, in einem Platin-, Silika-oder Porzellantiegel\* ab, der ein Fassungsvermögen von 20-30 ccm besitzt, und mit gut schliessendem Deckel versehen ist. Man erhitzt den bedeckten Tiegel in einem Muffelofen sieben Minuten auf eine Temperatur von 955° C. mit  $\pm 5^\circ$  C. Toleranz, lasse den Tiegel in einem Exsikkator trocknen und wäge. Der Gewichtsverlust abzüglich der gesondert bestimmten Feuchtigkeit stellt den Gehalt an flüchtiger Substanz dar. Es soll ein gas-oder elektrisch geheizter Muffelofen, in welchem eine konstante und gleichmässige Temperatur aufrecht erhalten werden kann, verwendet werden. Um gleichmässiges Erhitzen des Tiegels zu sichern, soll dieser nicht Boden oder Wände der Muffel berühren, sondern auf einem passenden Gestell wie einem Platin-oder Nickelchrom-Drahtdreieck oder einem Ring aus feuerfestem Material stehen.

Zur Bestimmung der Asche wäge man 1-5 g lufttrockne Kohle, die derart gemahlen ist, dass sie ein Sieb von 558 Maschen/qcm passiert, in eine flache Platin-, Porzellan-oder Silikaschale von 20-40 qcm Fläche je nach der Menge verwendeter Kohle bei 1 cm starker Lage. Man erhitzt in oxydierender Atmosphäre auf eine Temperatur von 750-800° C. für die Dauer einer Stunde oder bis Gewichtskonstanz erreicht ist. Man kühle in einem Exsikkator ab und wäge. Ein Muffelofen soll Verwendung finden, und es soll Vorsorge getroffen werden, dass die Luft frei über der Kohle zirkulieren kann.

Bei der Bestimmung des Heizwerts ist dieser derjenige von Kohle unter der Bedingung eines konstanten Volumens für die Verbrennungsprodukte; dieser Wert kann bei konstantem Druck zwischen 1 und 1000 schwanken.

Bei der Verbrennungsbombe soll ein Hochdruckbombenkalorimeter von Berthelot verwendet werden. Dieses soll eine innere Oberfläche haben, die von Säure nicht so weit angegriffen wird, dass die Genauigkeit der Resultate beeinträchtigt wird. Das Fassungsvermögen der Bombe soll derart sein, dass sie bei Schliessung und Füllung mit Sauerstoff beim Arbeitsdruck wenigstens  $2\frac{1}{2}$  mal so viel Sauerstoff fasst, wie zur Verbrennung der Prüfsubstanz erforderlich ist.

\* Bei Verwendung eines Silika-oder Porzellantiegels sollte die Stärke der Wände 3 mm nicht überschreiten.

### Notiz.

Sämtliche in CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE veröffentlichten Beiträge sind, gleich in welcher Sprache sie erscheinen, durch „Copyright“ geschützt und dürfen weder in anderen Zeitschriften noch in der Form von Katalogen ohne Erlaubnis des Eigentümers Concrete Publications, Ltd., Dartmouth Street, 20, Westminster, London (England) nachgedruckt werden.

## Das Brennen von Zement auf dem Wanderrost.

Die üblichen Brennöfen für die Herstellung von Zement waren bisher der Schachtofen und der Drehrohrofen. Die Nachteile der beiden Öfen sind beim Schachtofen ungleichmässiger Brand und beim Drehrohrofen grosser Brennstoffverbrauch. Von den zahlreichen Versuchen, andere Brennvorrichtungen auszubilden, die die guten Eigenschaften des Schachtofens und des Drehrohrofens vereinen, ohne ihre Nachteile zu besitzen, sei hier nur auf die Verwendung des Wanderrostes hingewiesen. Diese Vorrichtung wurde von der Erzaufbereitung her übernommen, wo sie zum Sintern oder Reduzieren des Erzes dient. Es sei hier etwas näher auf den Wanderrost als Brennvorrichtung für Erze eingegangen, denn dies gibt Aufschluss über die Verwendungsmöglichkeit des Wanderrostes in der Zementindustrie. Das Erz wird in gleichmässiger Schicht auf den Rost aufgetragen und wandert auf diesem durch den Ofen. Wenn es sich um das Reduzieren von Erzen handelt, wird das Gut vorher mit Kohle gemischt. Es genügt dann, Luft durch den Wanderrost hindurchzusaugen, die die Verbrennung der Kohle und bei Kohlenüberschuss die Reduzierung des Erzes bewirkt. Man kann auch neben dem Wanderrost eine Flamme erzeugen und diese dann durch den Rost auf das darauf lagernde Gut streichen lassen.

Im ersteren Falle führt man zweckmässig die Luft unter Druck unter den Rost und lässt sie von unten nach oben erst durch den Rost und dann durch das Gut ziehen. Der Rost wird auf diese Weise von der Luft gekühlt. Im zweiten Falle, bei Verwendung einer fremden Heizquelle, macht man es umgekehrt. Die heissen Gase haben dann Gelegenheit, ihre Wärme vorzugsweise an die oberen Gutschichten abzugeben, und gelangen verhältnismässig kalt an die Rostbalken. Um trotzdem ein gleichmässiges Brennen der ganzen Gutschicht zu erreichen, wird zwischen Gut und Rost eine Schicht vorgebrannten Materials aufgegeben. So ist es möglich, auch die unterste Teilschicht des Brenngutes genügend hoch zu erwärmen, ohne den Rost selber der Gefahr der Verbrennung auszusetzen.

Es gibt noch eine Reihe von ähnlichen Verfahren, bei denen Brennstoff und Brenngut in getrennten Schichten oder in verschiedenen Mischungen aufgetragen werden. Im allgemeinen haben sich diese Brennweisen bei der Erzaufbereitung bewährt mit einer wesentlichen Ausnahme. Wenn das Brenngut zum Zusammenbacken oder gar Flüssigwerden neigt, ist der Wanderrost unbrauchbar, da sich dann die Rostbalken zusetzen und klemmen und ferner ein geregelter Gasdurchtritt durch die Schicht unmöglich ist. Diese geregelte und gleichmässige Umspülung der einzelnen Gutteilchen ist der Hauptvorteil des Wanderrostes vor anderen Brennöfen. Vorbedingung ist aber, dass die Gutschicht an allen Punkten des Rostes der durchziehenden Luft oder den Verbrennungsgasen einen gleichmässigen Widerstand entgegensezert.

Die Fragen, die sich bei der Übertragung dieser Verfahren auf das Brennen von Zement und ähnlichen Gütern ergeben, sollen an Hand von einigen praktischen Beispielen erörtert werden. Abb. 1 (Seite 532) zeigt eine Wanderrostanlage, die zum Brennen von Zement dient. Aus dem Behälter A gelangen die Zementrohstoffe in die Mühle B und von dort auf das Förderband R, auf das auch der Behälter D in regelbarer Menge die Kohle aufgibt.

Nach Durchwanderung der Mischschnecke E sammelt sich die Mischung in dem Behälter F, aus dem sie in regelbarer, gleichmässiger Schicht auf den Wanderrost aufgegeben wird. Vor und hinter dem Behälter F sind noch weitere Behälter S und T angeordnet. Der Behälter S wird mit einer Mischung von fertig gebranntem Klinker und etwas Kohle beschickt, während der Behälter T nur Kohle enthält. Bei der Bewegung des Wanderrostes V bilden sich auf ihm drei Schichten übereinander, die unterste Schicht besteht aus Klinker und wenig Kohle, die mittlere, die Hauptschicht, enthält das Brenngut, und die oberste, wiederum dünne Schicht besteht aus Kohle. Über und unter dem Rost ist je eine Kammer angeordnet; in die obere Kammer tritt atmosphärische Luft ein, die durch das Gut und den Rost in die untere Kammer gesaugt wird. Von hier werden die verbrannten Gase durch ein Gebläse abgezogen. Zu erwähnen ist noch, dass der Wanderrost in der Nähe seines Eintrittsendes in den Ofen unter eine Zündvorrichtung hindurchläuft. Zunächst entzündet sich die dünne obere Kohlenschicht, und beim weiteren Durchwandern des Ofens kommt das gesamte auf dem Rost liegende Gut in Brand.

Welche Eigentümlichkeit hat nun dieses Verfahren? Wie bei jedem Brand auf dem Wanderrost ist die Umspülung der einzelnen Gutteilchen mit den Brenngasen durchaus als gleichmässig zu bezeichnen, wenigstens was die einzelnen nebeneinander liegenden Teile des Gutes betrifft. Für die übereinander liegenden Teile ist diese Frage schon schwerer zu entscheiden. Die kalte Luft gelangt zuerst an die Kohle und wird hier hoch erhitzt. Dann trifft sie mit den oberen Teilen des Brennstoffgutgemisches zusammen. Das Verhältnis von Brennstoff und Gut muss hier ein solches sein, dass die weiterhin durch die Brennstoffverbrennung entstehende Wärme sich mit der durch das Brennen des Gutes verbrauchten Wärme das Gleichgewicht hält, so dass keine Temperaturveränderung der Gase mehr eintritt. Durch geeignete Wahl des Mischungsverhältnisses von Brennstoff und Gut kann dies auch mit einiger Sicherheit erreicht werden. Schliesslich gelangen die heissen Gase in die unten liegende Schicht gebrannten Klinkers, wo sie ihre Wärme soweit abgeben, dass eine Verbrennung des Rostes nicht mehr zu befürchten ist.

Noch eins ist bei diesem Verfahren zu beachten. Der Brand muss beendet sein, wenn die oben liegende Kohleschicht ausgebrannt ist, denn die nachher von oben zutretende Luft wird nicht mehr in genügendem Masse erwärmt und kühlt nur noch den fertigen Klinker ab. Die Brennstoffausnutzung ist bei diesem Verfahren verhältnismässig schlecht. Die Wärme des heissen Klinkers wird nicht ausgenutzt, denn dieser gelangt unmittelbar ins Freie. Diesem Übelstand kann man allerdings abhelfen, und zwar etwa durch Hinterschaltung einer Kühlzone, in der die Verbrennungsluft durch den heissen Klinker gesaugt wird. Tatsächlich ist dieser Weg auch schon vorgeschlagen worden.

Ferner werden auch die heissen Abgase nicht ausgenutzt. Dass diese sich an der unteren Klinkerschicht abkühlen, ist belanglos, denn die dort abgegebene Wärme wird ebenfalls nicht nutzbar gemacht. Man hat daher schon weiter vorgeschlagen, die Abgase zum Vorwärmen des Gutes zu benutzen. Zu dem Zweck wird die Kammer unter dem Rost an eine weitere Kammer über dem Rost angeschlossen, die in der Gutwanderrichtung vor der Brennzone des Ofens liegt. Von dort werden die Abgase durch das frische Gut gesaugt. Auch diese Massnahme hat nur eine beschränkte Wirkung. Damit der Rost in der Brennzone nicht verbrennt, muss die Klinkerschicht, die unmittelbar auf dem Rost liegt, eine gewisse Stärke haben. Die heissen Abgase geben also ihre wertvollste Wärme nutzlos an den gebrannten Klinker ab. Auch kann die Vorwärmung des frischen Gutes nur in beschränktem Umfange vorgenommen werden, da

das Gut mit Brennstoff vermischt ist, dessen vorzeitige Entzündung auf alle Fälle vermieden werden muss.

Abgesehen davon hat das Verfahren aber noch eine grundsätzliche Schwäche. Der Zement wird beim Brennen zunächst kalziniert und dann gesintert. Beim Sintern neigt aber der Zement zum Zusammenbacken, er wird etwas klebrig. Damit wächst aber der Widerstand an, den das Gut den durchströmenden Gasen bietet, häufig so weitgehend, dass überhaupt kein Gas mehr hindurchtreten kann. Damit wird aber das Fertigbrennen des Zementes unmöglich gemacht, und das Ergebnis ist Schwachbrand. In Dauerbetrieb ist deshalb auch meines Wissens keine solche Anlage bisher gekommen.

Eine ähnliche Anlage, jedoch mit Beheizung durch eine äussere Wärmequelle, zeigen die Abb. 2 und 3 (Seite 533, 534). Die Anlage ist zwar in erster Linie für das Brennen von Kalk bestimmt, und es ist klar, dass bei einem solchen Gut die Schwierigkeiten bedeutend geringer sind, an das Brennen von Zement ist aber ebenfalls gedacht. Auch hier sind am Beschickungsende mehrere Behälter 21, 22 angeordnet. Der Behälter 22 dient zum Beschicken des Rostes mit einer Schutzschicht aus gebranntem Gut, während der Behälter 21 das Brenngut enthält. Die Heizflamme wird in besonderen Kammern 16 zu beiden Seiten des Wanderrostes erzeugt und tritt durch Kanäle 18 in den Brennraum 14 über dem Rost, unter dem eine oder mehrere Saugkammern 10 angeordnet sind. Die Wahl mehrerer Kammern 10 hat den Vorteil, dass der eigentliche Brennofen in mehrere Zonen unterteilt wird. Die in jeder Zone durchgesaugten Gasmengen können so beliebig geregelt werden.

Das Verfahren kann auch so durchgeführt werden, dass in den Kammern 16 nicht die ganze zum Brennen des Gutes notwendige Brennstoffmenge verbrannt wird, ein Teil davon kann in Form von Kohle dem Gut beigemischt sein. Dieses ist wesentlich. Dient nämlich als einzige Heizquelle die in den Kammern 16 erzeugte Flamme, so werden die oberen Gutschichten stärker erhitzt als die unteren, und es entsteht ein ungleichmässig gebranntes Gut. Mischt man dagegen einen Teil des Brennstoffes dem Gut bei, so kann die an die oberen Gutschichten abgegebene Wärme durch Erzeugung neuer von der Verbrennung der beigemischten Kohle herrührenden Wärme ersetzt werden, genau wie bei dem zuerst beschriebenen Verfahren. Im übrigen ist das Verfahren genau das gleiche. Es kann auch hier eine Kühlzone und eine Vorwärmzone angegliedert werden. Die Schwächen sind ebenfalls dieselben. Beim Brennen von Zement wird das Verfahren also versagen.

Die Hauptschwierigkeit beim Sintern des Zements liegt in der Neigung des Klinkers, zu backen. Die Lösung brachte Lellep mit seinem kombinierten Wanderrost-Drehrohrofen. Er verzichtete darauf, das Sintern auf dem Wanderrost vorzunehmen, sondern verlegte diesen Vorgang in den dafür bekanntlich sehr gut geeigneten Drehrohrofen. Der Vorgang ist also der: Das Gut wird auf dem Wanderrost lediglich vorgewärmt und kalziniert. Hernach wird es einem dahintergeschalteten Drehrohrofen aufgegeben, in dem es gesintert wird. Da in diesem nur ein Teil des Brennvorganges stattfindet, ist er natürlich bedeutend kürzer als sonst üblich. Die Vorgänge in diesem Ofen sollen im folgenden genauer untersucht werden.

Die allgemeine Anordnung ist schematisch in Abb. 4 (Seite 535) wiedergegeben. Nach den Angaben der Patentschrift wird das trockene, pulverförmige Gut zunächst in einer vorgeschalteten Trommel zu Kugelchen verformt. Das geschieht in der Weise, dass auf das Rohmehl Anfeuchtewasser in Tropfenform aufgebracht wird, das sich infolge der Drehbewegung der Trommel mit

Rohmehl einhüllt, bei weiterer Drehung ziemlich gleichmässige, erbsen-bis haselnussgrosse Kügelchen bildend. Die Kügelchen, am besten wohl als Streusel bezeichnet, besitzen zwar nicht die Festigkeit von Briketts, man kann sie noch mit geringer Kraftanstrengung zwischen den Fingern zerdrücken, ihre Festigkeit genügt aber, um ihren Zerfall auch dann zu verhindern, wenn sie mehrere Meter tief herunterfallen.

Der Zweck der Streuselbildung für das Brennverfahren soll weiter unten erörtert werden, hier nur eine Kritik dieses Verfahrens. Brikette dieser geringen Grösse mit der Presse herzustellen, ist natürlich teurer als die Streuselbildung in der Trommel, und dies ist der Hauptgrund für die Wahl des Verfahrens, wenn auch nicht geleugnet werden kann, dass die Briketterstellung manche Vorteile mit sich bringen würde. Ein Zerfall könnte mit noch grösserer Sicherheit vermieden werden und ausserdem haben Brikette den Vorteil vollkommen gleicher Grösse, was für die Erzielung eines gleichmässigen Brandes von Wert ist. Es hat sich aber gezeigt, dass die Streusel den Anforderungen des Betriebes noch genügen, sodass die Briketterstellung mit Rücksicht auf die Erzeugungskosten unvorteilhaft erscheint.

Nach der Patentschrift gelangen die Streusel in einen Vorratsbehälter und werden von dort in gleichmässiger Schicht auf den Wanderrost gebracht, auf dem die Trocknung und ein Teil der Entwässerung stattfindet. Die Beheizung des Wanderrostes erfolgt durch die Abgase des ihm nachgeschalteten Drehrohrofens, dessen Abgase von oben auf das Gut treffen und durch dieses hindurchgesaugt werden. Unterhalb des Wanderrostes ist ein Saugkasten, der auch unterteilt sein kann, angeordnet. Die Rostspalten sind so eng gewählt, dass die Streusel nicht hindurchfallen können. Hier zeigt sich der Wert der vorherigen Streuselung des Gutes. Wenn nämlich das Gut, wie sonst bei Drehrohrofenanlagen üblich, in nur angefeuchtetem Zustand auf den Wanderrost gelangen würde, würden die feinen Krümel durch die Rostspalten hindurchgesaugt werden. Wie oben aber auseinandergesetzt, besitzen die Streusel eine gewisse Festigkeit, die sie auch bei der Wasseraustreibung und der Entwässerung nicht verlieren, so dass ein Hindurchfallen von irgendwie beträchtlichen Gutmengen durch die Rostspalten vermieden wird. Ferner ist die erzielbare Gleichmässigkeit des Brandes bei annähernd gleichgrossen Gutstückchen naturgemäß eine grössere als wenn, wie beim reinen Drehrohrofenbetrieb, ein beträchtlicher Teil des Gutes feinkörnig den Brenngasen dargeboten wird.

Umgekehrt verhindert die ruhige Lage des Gutes auf dem Wanderrost ein Zertrümmern der Streusel, was besonders während des Trocknens und zu Beginn der Entwässerung leicht eintritt. Vergleicht man die ruhige Lage des Gutes auf dem Wanderrost mit der Bewegung des Gutes im Drehrohrofen, so wird dieser Vorteil besonders augenscheinlich. Später im Verlaufe des eigentlichen Brandes erlangen die Kügelchen eine grössere Festigkeit, so dass ein Zertrümmern im nachgeschalteten Drehrohrofen nicht mehr zu befürchten ist.

Die Abgase des Drehrohrofens erhitzen die oberen Schichten des Gutes soweit, dass dieses vollkommen entwässert wird. Beim weiteren Durchgang durch die Schicht kühlen sich die Gase ab und treffen mit höchstens  $550^{\circ}$  auf die Rostbalken des Wanderrostes. Dabei wird diese Temperatur nur in der Nähe der Abwurftstelle des Gutes erreicht, weiter hinten gelangen bedeutend kältere Abgase an den Wanderrost, bis herab zu etwa  $50^{\circ}$  in der Nähe der Guteintrittsstelle. Die mittlere Temperatur unter dem Rost beträgt wenig über  $100^{\circ}$ . Ein Verbrennen der Rostbalken ist deshalb nicht zu befürchten und eine Kühlung derselben erübrigts sich.

Es ist weiter oben schon darauf hingewiesen worden, dass ein gleichmässiges Brennen des Gutes auf dem Wanderrost mit gewissen Schwierigkeiten verbunden ist. Durch Beheizung durch eine aussen erzeugte Flamme werden insbesondere die oberen Gutschichten stärker gebrannt als die unteren. Diese Eigentümlichkeit des Wanderrostes ist im vorliegenden Falle belanglos, da auf ein gleichmässiges Brennen des gesamten Gutes auf dem Wanderrost bewusst verzichtet wird. Der Fertigbrand erfolgt vielmehr im nachgeschalteten Drehrohrofen, in dem gleichzeitig die Sinterung vor sich geht. Der Wanderrost ist also von der Sinterung entlastet, und damit entfallen auch alle Schwierigkeiten, mit denen, wie oben gezeigt, die Sinterung von Zement auf dem Wanderrost verbunden ist.

Die Länge des Drehrohrofens beträgt etwa ein Drittel der sonst üblichen. Die Länge des Wanderrostes ist noch geringer, so dass die Gesamtlänge der Anlage bedeutend geringer als die eines Drehrohrofens gleicher Leistung ist. Es ist ohne weiteres klar, dass der Anteil des Wanderrostes, bezogen auf die Gesamtarbeit der Anlage, ein verhältnismässig grosser ist. Es erhebt sich daher die Frage, ob es nicht zweckmässig ist, den Wanderrost noch stärker heranzuziehen, d.h. einen noch grösseren Teil der Gesamtarbeit auf dem Wanderrost auszuführen, etwa derart, dass die gesamte oder annähernd die gesamte Arbeit der Entsaerung auf ihm erfolgt. Da einen Teil der Sinterung auf den Wanderrost zu verlegen sich aus den oben dargelegten Gründen verbietet, müsste der Brand so geleitet werden, dass die oberen Gutschichten auf den Wanderrost nur bis zu beendeter Entsaerung erhitzt werden, während die unteren Schichten stärker als bisher erwärmt werden. Man könnte dies auf einfachste Weise dadurch erreichen, dass die Gutschicht auf dem Wanderrost niedriger gewählt wird. Dann würden allerdings die Abgase unter dem Wanderrost eine höhere Temperatur erhalten und ihre wärmewirtschaftliche Ausnutzung innerhalb der Anlage wäre eine geringere. Diesem Übelstand könnte abgeholfen werden, wenn man die Abgase statt sofort in den Schornstein durch eine besondere Vorwärmzone auf den Wanderrost schicken würde, also nochmals durch die Gutschicht hindurchtreten lässt, aber der Rost würde dann ebenfalls einer höheren Temperatur ausgesetzt werden, was wieder seine besondere Kühlung notwendig macht. Die Anlage würde daher recht umständlich werden. Dies rechtfertigt durchaus den Verzicht auf eine weitergehende Entsaerung des Gutes auf dem Wanderrost, wenn dadurch auch der nachgeschaltete Drehrohrofen eine grössere Länge erhält.

Noch eine weitere Aufgabe erfüllt der Wanderrost, die Entstaubung der Abgase. Die aus dem Drehrohrofen mitgerissenen Staubteilchen schlagen sich auf der Gutschicht auf dem Wanderrost nieder. Die Gutschicht wirkt wie ein Filter. Dabei ist es wieder von besonderer Bedeutung, dass das Gut die Form von Streusel hat. Innerhalb der Gutschicht ist also kein feines Korn (Staub) vorhanden, sodass das Mitreissen von Staub aus dem Gut durch die Rostspalten nicht in Frage kommt. Tatsächlich hat der praktische Betrieb ergeben, dass nur staubfreie Abgase in die Esse gelangen. Diese Wirkung der Gutschicht ist durchaus verständlich, hat man doch schon lange in Entstaubungsanlagen wandernde Gutschichten mit Erfolg verwendet. Hier ist die Entstaubungsanlage gewissermassen in den Ofen verlegt und die Anlage von besonderen Entstaubern für die Abgase erübrigkt sich.

Der Drehrohrofen und der Kühler bieten nichts Besonderes. Der Drehrohrofen ist wenig länger als sonst der Sinterzone entspricht. Die Wirkung des Kühlers ist genau dieselbe wie bei den üblichen Öfen.

Es erhebt sich noch die Frage, welche Güte das Erzeugnis des Ofens besitzt. Massgebend dafür ist in erster Linie eine gleichmässige Entsaerung und eine ebensolche Sinterung. Letztere erfolgt wie sonst im dafür bewährten

Drehrohrofen. In dieser Hinsicht ist also kein Unterschied zu erwarten. Die Entzäuerung findet teilweise auf dem Wanderrost statt und hier wird allerdings ein Teil des Gutes, nämlich die obere Schicht, stärker gebrannt. Nachher gelangt das gesamte Gut in den Drehrohrofen und der Brand der noch nicht entzäuerten Gutteile kann nachgeholt werden. Ob diese Betriebsweise schädlich für die Gleichmässigkeit des Brandes ist, erscheint zunächst fraglich. Einen grösseren Einfluss dürfte sie nicht haben, da auch im gewöhnlichen Drehrohrofen ein Durchschiessen eines Teils des Gutes vom hinteren Teil des Ofens in einen weiter vorn liegenden vorkommt, es tritt dann ebenfalls eine Mischung von bereits gebranntem und noch nicht fertig gebranntem Gut ein, ohne dass messbare Veränderungen in der Güte des Erzeugnisses zu beobachten sind. Einen Vorteil hat der Wanderrost jedenfalls vor dem Drehrohrofen. Das Gut behält seine Stückgrösse bis zum Austritt des Ofens. Gleichmässige Stückgrösse ist aber eine wesentliche Voraussetzung für einen gleichmässigen Brand. Festigkeitsversuche mit im Ofen erbrannten Zement haben ergeben, dass die Güte gleichwertig dem Drehrohrofenzement ist, die Druckfestigkeit war dieselbe, die Zugfestigkeit um ein geringes höher.

Zum Schluss noch einige Versuchsergebnisse, die aus der ersten Grossversuchsanlage in der Portlandzementfabrik Rüdersdorf, Guthmann & Jeserich, Kalkberge i. Mark, stammen. Für die Anlage wurde ein alter stillgelegter Drehrohrofen benutzt, außerdem war der Kühler etwas klein, so dass für Neuanlagen noch etwas günstigere Werte zu erwarten sind. Die Kohle hatte einen Heizwert von im Mittel etwa 6450 Kcal bei 12,5% Asche. Das Rohmehl bestand zu 76,5% aus  $\text{CaCO}_3$  und hatte einen Feuchtigkeitsgehalt von 13,5%. Die Luftüberschusszahl schwankte zwischen 1,05 und 1,1. Der Wärmeverbrauch betrug dabei im Mittel etwa 1045 Kcal/kg Klinker. Die Temperatur der Rauchgase über dem Rost betrug 900-950° und die hinter dem Sauggebläse 105-110°. Ferner wurde errechnet, dass etwa 28% der im Rohgut enthaltenen Kohlensäure auf dem Rost ausgetrieben wurde, der Rest der Entzäuerung fand im Drehrohrofen statt.

Die Hauptvorteile des Lellep-Verfahrens bestehen also kurz zusammengefasst in folgendem: Es wird ein Drehrohrofenzinker erzeugt bei einem Brennstoffverbrauch, der bedeutend niedriger als der des Drehrohrofens, ja sogar noch niedriger als der des Schachtofens ist. Gleichzeitig findet eine vollkommene Entstaubung der Abgase statt. Trotzdem ist der Umfang der Anlage geringer als der eines Drehrohrofens.

#### INSERATE.

ALLE, Anzeigen in der internationalen Zeitschrift „CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE“ betreffenden Anfragen müssen an Concrete Publications, Ltd., London, S.W.1, Dartmouth Street 20, (England), gerichtet werden.

Der Anzeigentext muss diese Adresse spätestens bis zum 25. des Monats, der der Veröffentlichung vorangeht, erreichen. Wenn die Herausgeber bis zu diesem Termin keinen neuen Text erhalten, behalten sie sich das Recht vor, den letzten Text erneut zu veröffentlichen.

Wenn Inserate in mehr als einer Sprache gedruckt werden sollen, so sollten die Uebersetzungen vom Inserenten geliefert werden. Auf Wunsch werden die Herausgeber diese Uebersetzung, allerdings ohne für ihre Genauigkeit zu haften, vornehmen.

## Eine vergleichende Untersuchung der Portlandzementindustrie in den Vereinigten Staaten von Amerika, Kanada und Gross-Britannien.—V.

von HAL GUTTERIDGE.

### Lagerung der Rohmaterialien.

*Harte Rohstoffe.*—Die Lagerung der Rohmaterialien wird immer gleich angeordnet, nachdem diese auf die Grösse von maximal 2,54 cm zerkleinert sind.

Bei Verwendung des Nassverfahrens taucht die Frage der Materialtrocknung nicht auf; wird dagegen das Trockenverfahren angewendet, werden die Rohstoffe nach der Lagerung getrocknet, während sie auf dem Wege zu den Rohmühlen sind.

Auf einer amerikanischen Fabrik, die 60% Kalkstein und 40% Schiefer verarbeitet sowie jährlich  $1\frac{1}{2}$  Millionen Fass erzeugt, ist das Lager der Rohmaterialien, des Gipses und des Klinkers 160 m lang, 24 m breit und 6 m hoch. Die Rohmaterialien, der Gips und ein Teil des Klinkers sind überdacht, und der restliche Klinker lagert offen. Es bietet sich Lagermöglichkeit für 3000 t Kalkstein, 4500 t Schiefer und 100.000 Fass Klinker, während der für Gips vorgesehene Raum  $7,25 \times 25$  m misst.

*Prozentgehalt der Rohmaterialien an Wasser.*—Bei Verwendung des Trockenverfahrens ist der Schutz der Rohstoffe vor feuchter Witterung während der Steinbrucharbeit, des Transports und der Lagerung wichtig, da die meisten solchen Einflüssen ausgesetzten Stoffe erhebliche Mengen Wasser absorbieren, das in den Trocknern ausgetrieben werden muss. Beim Nassverfahren ist das Aussetzen der Witterung keine bedenkliche Angelegenheit mit Ausnahme bei tonhaltigen Materialien, die wahrscheinlich bei der Behandlung in einem Brecher oder einer Hammermühle Verstopfen verursachen werden.

Der Prozentgehalt an Wasser in den verschiedenen Rohstoffen hängt völlig von deren Natur ab; die geringsten Mengen werden im allgemeinen in harten Kalksteinen gefunden, die frei von Tonsubstanz sind, und der grösste Gehalt ist in den Tonen enthalten. Der Prozentgehalt an Wasser in den harten Kalksteinen kann zwischen  $\frac{1}{2}$  und 3% schwanken, und diese Materialien können in Sonderfällen beim Trockenverfahren und angemessenem Schutz gegen die Witterung bei ihrer Behandlung den Mühlen ohne Trockner zugeleitet werden. Weiche kreideartige Kalksteine können im Sommer bis zu 5% Wasser enthalten, welcher Prozentsatz sich bei feuchter Witterung oft auf 15% erhöht. Kreiden können einen Prozentsatz an Wasser bis zu 15% enthalten und werden schnell weitere 10% absorbieren, wenn sie für jede Zeitleiste dem Regen ausgesetzt sind. Tone enthalten außer 15-20% hygroskopisch oder mechanisch gebundenem Wasser einen beträchtlichen Prozentsatz an chemisch gebundenem Wasser, das nur bei leichter Rotglut entsprechenden Temperaturen ausgetrieben werden kann.

Da die meisten Materialien in den Vereinigten Staaten und sämtliche in Kanada im Gegensatz zu Gross-Britannien, wo diese weich sind, harte sind, hat die Angelegenheit des Prozentgehaltes an Wasser in den Materialien einen bedeutenden Einfluss auf die Art der Aufbereitung und die Wahl der Anlagenart, und dieser Punkt ist die Ursache für den grossen Unterschied in der Aufbereitung und in den Anlagearten der drei Länder.

*Aufbereitung weicher Materialien.*—Kreiden, Mergel und Tone können auf den Brennzustand gewöhnlich in einem Arbeitsgang in Waschmühlen gebracht werden. In einigen Fällen ist die Aufstellung eines Brechers erforderlich, um das Material auf eine Maximalgrösse von 10 cm zu zerkleinern, und gelegentlich bei besonders harter Kreide ist eine Hammermühle als Vorbrecher nötig, auf welche die Mühlen folgen. Ein Beispiel für diese letztere Aufbereitungsart ist eine neue Fabrik in Texas (Vereinigte Staaten), bei der das Rohmaterial aus einer tonhaltigen Kreide von weicher Erde bis zu festem Material besteht.

In Gross-Britannien ist es bei weichen Materialien allgemeiner Brauch die Kreide oder den Mergel direkt zusammen mit dem Ton in die Waschmühlen zu bringen. Der Ton wird in fester Form mit dem notwendigen Wasser oder in Schlammform zugeführt. Da der Ton gewöhnlich gepumpt werden muss, enthält er im letzteren Falle bis zu 70% Wasser so, dass der weiter nötige Wasserzusatz in der Kreide-Ton-Waschmühle klein ist. Anderseits können Kreide und Ton in getrennten Waschmühlen zerkleinert und in Mischtanks zusammen gebracht werden. Wenn Flintsteine in der Kreide vorkommen, so werden diese gewöhnlich in den Waschmühlen ausgesondert, indem der Boden der Waschmühle mit horizontaler Öffnung versehen ist, durch die zu jeder gewünschten Zeit die Flintsteine entleert werden können. Es hat sich herausgestellt, dass die Flintsteine einen vorteilhaften Einfluss beim schnellen Aufschliessen der Kreide in der Waschmühle ausüben, obwohl der Verschleiss auf den Rührern und der Kraftbedarf gesteigert werden.

Haben sich zu viele Flintsteine in der Waschmühle mit Rücksicht auf wirkungsvollen Betrieb angehäuft, wird die Waschmühle leer gepumpt und die Rührer langsam im Drehen gehalten, während die Flintsteine durch die Bodentür auf einen Elevator fallen, der sie auf Wagen auf der Oberfläche hebt.

Die in Gross-Britannien zur Aussonderung der übergrossen Teile verwendeten Separatoren besitzen gewöhnlich den Typ der Zentrifuge. Bei einer Maschine ist eine vertikale Achse vorhanden, auf der ein mit einer perforierten Platte ausgerüsteter Hohlkörper angebracht ist, durch welche Platte Schlamm zugeführt wird. An diesen Hohlkörper ist eine horizontale Schlagplatte, die Guss- und Hartstahlschlagarme trägt, angebolzt. Dieser Teil des Apparats rotiert in einem Gusseisengehäuse und wirft infolge der Zentrifugalkraft den Schlamm an eine Reihe von an der Peripherie des Gehäuses befindlichen Sieben. Der Feinschlamm wird durch die Siebe gedrückt, während die durch das Sieb zurückgehaltenen Teile durch eine besondere Öffnung des Gehäuses herausfliessen und den Waschmühlen zu weiterer Zerkleinerung wieder zugeleitet werden. Dieser Separator läuft mit 140 Touren per Minute und ergibt ein Erzeugnis von durchschnittlich 5% auf dem Siebe von 4900 Maschen per qcm. Zwei in Gross-Britannien verwendete Typen von Separatoren sind der Edgar Allen- und der „Trix“-Separator, von denen der letztere durch F. L. Smidth & Co. hergestellt wird.

Einen Schnitt durch den „Stag“-Separator von Edgar Allen & Co. Ltd. zeigt Abb. 15 (Seite 541). Abb. 16 (Seite 542) stellt den „Trix“-Schlammseparatoren der Firma F. L. Smidth & Co. dar.

*Mischen, Abmessen und Wiegen.*—Eine ausgearbeitetere Entwicklung der gewöhnlichen Abmessung und Wägung mittels Bandtransporteur ist in Abb. 12 (Seite 538) dargestellt. Kurz erläutert besteht die von der Richardson Scale Co. (Vereinigte Staaten) hergestellte Maschine aus einem Zuführband oder Gummitransporteur für kalte Substanzen oder einem Stahltransporteur für heiße Materialien. Der Transporteur wird auf einen zweiten entleert, der mit seinem Antriebsmotor von einem System von Waagebalken abhängt. Dieser Wiegetransporteur fördert die zu wiegende Last, läuft aber kontinuierlich. In

Betrieb ist die Waage auf eine bestimmte Menge eingestellt, und die Speisevorrichtung arbeitet, bis sie diese Menge zugeführt hat; alsdann schaltet ein durch den hochgehenden Balken betriebener Quecksilberschalter den Zufuhrmotor aus, und die Zufuhr hört auf. Der Wiegetransporteur fährt indessen fort, weiter zu laufen, indem er die durch eine Zählvorrichtung aufgezeichnete Last abwirft, wodurch der Waagebalken den Schalter wieder einschaltet und die Zufuhr für die nächste Wägung wieder beginnt. Wo Abmessung erforderlich ist, sind die Waagen so angeordnet, dass sich zwei Zuflüsse beim Abwerfen mischen können. Ein neues Charakteristikum besteht darin, dass jederzeit eine ausreichende Speisung sicher gestellt ist, indem die kleinen Speisebehälter einen integrierenden Bestandteil der Maschine darstellen, wobei das ganze Aggregat so montiert ist, dass es leicht schüttelt. Wenn das Material in dem kleinen Speisebehälter unter ein gewisses Niveau zurückgeht, kippt das ganze Aggregat zu einem Haltpunkt über und schaltet damit aus der Maschine alle Kraftzufuhr ab, die so lange still steht, bis wieder genügend Material in den Speisebehälter eingetreten ist, um diesen zurückzukippen und die Hauptschalter wieder einzuschalten. Eine andere Type der Misch- und Speisevorrichtungen, wie sie in den Vereinigten Staaten benutzt wird, ist diejenige, bei der eine Speiseapparatur Rohmaterialzufuhr durch die Schwere aus einer Reihe von Behältern empfängt, die dazu durch Rohre verbunden sind. Die Abmessung des Materials aus jedem Behälter ist einstellbar, und die Geschwindigkeit der Maschine kann reguliert werden. Abb. 13 (Seite 539) zeigt eine Type dieser Misch- und Speiseapparate, die durch die Bethlehem Foundry & Machine Co. hergestellt wird.

Abb. 14 (Seite 540) ist eine Wiegemaschine, die von der englischen Firma W. & T. Avery Ltd. fabriziert wird.

Bei trocknen Materialien wird in Gross-Britannien zumeist die Tellerspeisung zum Abmessen und Mischen der Stoffe verwendet. Diese Maschine besteht aus einem langsam rotierendem Teller, über dessen Mittelpunkt sich das offene und vertikale Zufuhrrohr befindet. Der Abstand vom Rohrende zum Teller ist durch einen Gleitkragen so verstellbar, dass die Menge der Zufuhr variiert werden kann. Das auf dem Teller rotierende Material wird von dem Teller durch eine feste und verstellbare Pflugschar abgestreift. Die Zufuhr aus jedem der Behälter wird einem Teller zugeleitet, und die Entleerung von jedem Teller wird in einem gemeinsamen Rohr oder Transporteur so gemischt, wie es sich für die Anlage dieser Abteilung eignet.

Die modernen Rohmühlen von heute bestehen fast ausschliesslich in sämtlichen drei Ländern aus dem Verbundmühlentyp. Dieses ist eine Kombination der Kugel- und Rohrmühle mit drei oder vier Kammern. Nebenbei sei bemerkt, dass die Entwicklung dahin tendiert, die Mühlen zentral zu treiben, d.h. Antrieb direkt mittels eines Reduziergetriebekastens durch die Mühlenwelle statt durch das auf den Mantel gelegte Zahnkranzgetriebe.

Die gesamte Wassermenge im Schlamm schwankt zwischen 30 und 43%. Es können für eine Kreide-Tonmischung in Gross-Britannien Beispiele mit 40% Wasser, für eine Kalkstein-Schiefertonmischung in den Vereinigten Staaten mit 30% Wasser und für einen Lehigh-Zementstein mit 33% Wasser angeführt werden. Wo die Waschmühlen für Kreide oder Ton sich in einiger Entfernung von der Fabrik befinden, muss die Wassermenge erheblich gesteigert werden. Bei einem Fall in Gross-Britannien, wo der Kreideschlamm über 3,2 km weit gepumpt werden muss, muss die Wassermenge auf 60-70% gesteigert und auf dem Werk auf den erforderlichen Prozentsatz wieder ermässigt werden.

### Endmischung.

In den Vereinigten Staaten wird zum Pumpen des Schlamms zumeist die Zentrifugalkpumpe verwendet, doch wird auch die Luftpumpe benutzt. In Gross-Britannien wird fast nur die Kolbenpumpe gebraucht, und nur selten ist für den Schlammb eine Zentrifugalkpumpe zu sehen. Unter den Zentrifugalkpumpen ist die Wilfeypumpe weit verbreitet. Diese Pumpe besitzt den Vorteil, dass keine Stopfbuchse nötig ist wie bei der gewöhnlichen Zentrifugalkpumpe, wo eine solche erforderlich ist, um zu verhindern, dass Leckagen dort eintreten, wo die Achse durch das Gehäuse tritt. Ein auf der Zentrifugalkraft beruhender Verschluss ist vorgesehen, der aus einem rotierenden, „Expeller“ genannten Teil, welcher Flügelruder besitzt, die von einem Winkel im Zentrum zur Peripherie verlaufen, und einem festen Teil besteht, der eine hervorragende Rinne besitzt. Der drehende Teil ist mit dem Läufer aus einem Teil gegossen und ist dicht neben dem festen Teile angeordnet, der auch wie eine seitliche Abnutzung widerstehende Platte wirkt. Im Betrieb wird das Durchlecken des Schlamms infolge der Zentrifugalkraftwirkung der Flügel des „Expellers“ verhindert, und jeder Verlust an den Seiten wird durch die hervorragende Rinne aufgefangen und den Flügeln wieder zugeführt. Ein Gegenventil schliesst die Welle ab, wenn die Pumpe ausser Betrieb ist. Die Zentrifugalkpumpe ist in den Vereinigten Staaten mit Erfolg für Schlammb eine beträchtliche Zahl von Jahren hindurch benutzt worden, und es ist einigermassen schwierig zu begreifen, weswegen ihre zweifellosen Vorteile gegenüber der Kolbenpumpe, hinsichtlich Raumersparnis und hinsichtlich nicht stossweiser Zufuhr in Gross-Britannien nicht erkannt worden sind.

Die automatische Luftschlammmpumpe besteht im allgemeinen aus zwei nebeneinander stehenden Aufnahmetanks, in welche der Schlammb infolge seiner Schwere durch ein nicht umkehrbares Ventil einfließt. Jeder Tank ist mit einem Schwimmer ausgerüstet, der ein Luftventil in Gang setzt. Der in den Tank eintretende Schlammb hebt den Schwimmer und bei gefülltem Tank öffnet der Schwimmer das Luftventil, wodurch Pressluft in den Tank eintreten kann und der Schlammb nach der gewünschten Stelle gedrückt wird. Eine Konstruktion sieht eine elektrisch-automatische Ventileinrichtung vor, welche es gestattet, dass der eine Tank gefüllt werden kann, während der andere geleert wird.

Korrektionsbehälter werden in Gross-Britannien häufig in einer Reihe zu dreien angeordnet so, dass jederzeit einer der grossen Tanks gefüllt, einer geleert und im dritten Schlammb korrigiert wird. Der Schlammb wird ständig durch die Rotation mechanischer Rührflügel oder durch Luftrührung oder durch eine Kombination beider gerührt.

Bei einem Falle in den Vereinigten Staaten besteht die Schlammbearbeitungsvorrichtung aus acht Schlammbeutonsilos mit konischem Boden von  $8,5 \times 12$  m. Das Rühren wird durch am Boden des Konus mittels geeigneter Verbindungen eintretenden Schlammb und Luft bewirkt. Drei Rohrleitungen treten in jeden Silo ein und sind so verbunden, dass der Schlammb von einem Silo zu jedem anderen durch seine Schwere oder durch eine zweite Zentrifugalkpumpe bewegt werden kann. Aus diesen Behältern fliesst der Schlammb infolge seiner Schwere nach „Dorr“-Schlammischanks.

Es ist eine allgemeine Erfahrung bei der Förderung von Schlammb, in Rohrleitungen, dass man Störungen an den Ventilen oder Hähnen hat. Bei vielen Rohrleitungen brauchen die Ventile oft beträchtliche Zeit nicht bewegt zu werden, und selbst bei oft benutzten Ventilen geraten, die festen Bestandteile des Schlamms zwischen die Aussenflächen und verursachen Verstopfung. Dieses kann häufiges Abmontieren des Ventils und damit Zeitverlust und Verzögerungen bedingen. Um diese Störungsursache zu vermeiden, ist

eine besonders geschmiertes Ventil konstruiert und auf einigen Werken seit einer Reihe von Jahren in Betrieb genommen worden. In diesem Ventil vom Stöpselhahntyp befindet sich ein Zapfloch, das ein Stopventil im Schenkel des Stöpsels enthält, und von dem ein Weg nach der Außenfläche des Stöpsels gebohrt ist, der mit zwei Rinnen in Verbindung steht, und eine jeder Seiten des Stöpsels endet in einer Kammer am Boden des Stöpsels. Da der Stöpsel nur für eine Vierteldrehung vorgesehen ist, werden die Rinnen auf den Berührungsflächen des Stöpsels niemals der durch die Rohrleitungen fliessenden Flüssigkeit ausgesetzt. Beim Betrieb wird das Schmiermittel in Form eines Stabs in den Nacken des Stöpsels eingeführt, und mittels einer Schraube wird das Schmiermittel die Rinnen herunter in die Bodenkammer gedrückt. Als Ergebnis wird der Stöpsel angehoben, und es wird ein Schmierüberzug zwischen den arbeitenden Flächen des Stöpselhahns gebildet. Ist das Ventil schwer zu bewegen, so wird der Schmierschraube eine kleine Drehung erteilt, was nicht nur auf den Stöpsel drückt sondern auch alle berührten Flächen mit Schmiermittel versieht. Dieses Ventil heisst in den Vereinigten Staaten „Nordstrom“ und in Gross-Britannien „Andco“-Ventil.

Es sind die Schlammischungs- und Lagermethoden, die in den Vereinigten Staaten und Gross-Britannien sich unterscheiden. In dem ersten Lande nimmt der Mischer stets die Form eines laufenden Brückenführers an, und in Gross-Britannien ist die Anwendung des „Sonnen- und Planetensystems“ allgemein.

Der Laufbrückenmischer ist ein rechteckiger in Eisenbeton gebauter Tank von etwa 10,5 m Breite, 6 m Tiefe und 30 m Länge. Auf der Oberkante der Seitenwände sind feste Schienen, auf denen eine Laufbrücke langsam und ständig von Ende zu Ende hin und her läuft. Von der Brücke herab sind gewöhnlich drei rotierende Vertikalwellen angeordnet, an denen sich feste Flügel befinden, die den Schlamm rühren. Parallel zu und eng an jeder Welle befinden sich Luftrohrleitungen, die sich bis auf den Boden des Tanks erstrecken und Luft mit geringem Druck liefern, um die Rührung des Schlammes zu erhöhen. Das Verfahren der Luftzufuhrkupplung ist scharfsinnig, denn die Luftrohrleitungen, die einen Kreis von etwa 30 cm Radius beschreiben, müssen mit der Zufuhr verbunden werden. Dieses wird gewöhnlich vorgenommen, indem ein Loch durch die vertikalen Wellen bis zu einer Stellung unterhalb des Kronenrades gebohrt wird, und indem das Loch nach der Seite der Welle angezapft und an das vertikale Luftrohr angeschlossen wird.

Auf der Zufuhrseite ist eine Düse vorgesehen, durch die das Hauptzufuhrrohr angeschlossen ist. Bei der Lieferung von elektrischer Energie an einen Wagen oder sagen wir an einen Laufkran ist es bisher üblich gewesen, längs der gefahrenen Linie stromführende Drähte und Kontakte, die den Drähten entlanggleiten, vorzusehen. Dieses Verfahren ist im Falle eines Krans gewöhnlich wegen der Höhe des Krans nicht gefährlich; bei einem Laufbrückenmischer zu ebener Erde würden dagegen die Drähte eine ständige Gefahrenquelle für die dort arbeitenden Leute bedeuten. Um dieses zu vermeiden, ist bei dem Brückenführer eine interessante Anordnung zur Einführung gelangt, indem man eine Trommel montierte, von gewöhnlich etwa, 0,90 m Durchmesser und 1,5 m Länge, die sich in jeder Richtung der Rotation auf einer horizontalen Welle frei bewegt. Diese Trommel hängt an einer Seite des Tanks; über und auf ihr befindet sich auf- und unaufgewickelt das gummiarmierte elektrische Zufuhrkabel. Ein Mischer dieser Art von F. L. Smith & Co. wird in Abb. 17 (Seite 543) gezeigt.

Der „Sonnen- und Planetenmischer“ besteht aus einem runden Tank von etwa 20 m Durchmesser und 3,6 m effektiver Tiefe mit einem Betonklotz von

etwa 1,5 m Durchmesser in der Mitte bei gleichem Niveau mit den Seiten. Auf diesen Klotz ist der rotierende Gitterbalken, der die Rührer, von denen sich zwei auf jeder Seite des Klotzes befinden, trägt. Der Motor, der die Rührer treibt durch Kegel- und Kronenräder ist in der Mitte montiert. Der Gitterbalken wird nicht direkt getrieben, sondern erfährt seine Bewegung indirekt durch die Gegenwirkung zwischen den Rührerarmen und dem Schlamm, was ausreichend ist, bis der Tank fast von Schlamm geleert ist, um ihn mit einer Tourenzahl von  $\frac{1}{2}$  in der Minute zu drehen.

Eine kürzlich in Gross-Britannien eingeführte verbesserte Type des luftgerührten Schlammischers besitzt die Form eines runden Tanks, in welchem der Gitterbalken so angeordnet ist, dass er mit seinem Zapfen in der Mitte und mit seiner äussersten Stelle auf den Tankseitenwänden rotiert. Auf diesem Balkenarm sind eine Reihe vertikaler Zufuhrrohre montiert, die beinahe bis auf den Boden des Tanks reichen, wo sie nach rückwärts umgebogen sind. Die Konstruktion ist sehr leicht und braucht nur 6 PS bei einem Inhalt von 750 t Schlamm. Der angewendete Luftdruck beträgt 0,7 kg/qcm.

Abb. 18 (Seite 544) zeigt den luftgerührten Schlammischer der Firma Ernest Newell & Co., Ltd.

(Fortsetzung folgt.)

---

---

## Zementstaub und Vegetation.

Mit Rücksicht auf die gelegentlichen Behauptungen, nach denen Staub von Zementfabriken schädlich für die Vegetation sei, sind die folgenden Mitteilungen von A. J. R. Curtis (American Portland Cement Association), die kürzlich in „Rock Products“ erschienen, von Interesse.

Gelegentlich führt die Tatsache, dass ein Werk in einem landschaftlich schlechten Bezirk liegt, zu der missverständlichen Auslegung, dass die Fabrik diese Situation erzeugt hat; andererseits liegen viele Werke mitten in ungewöhnlich fruchtbaren Gegenden. Ein grosser Teil der Befürchtungen, nach denen der Staub einer Zementfabrik schädlich sei, kommt wahrscheinlich von einem Mangel an Verständnis für das, was dieser Staub ist, und in welchen Mengen er gewöhnlich entsteht.

Bei der Zementherstellung werden als Rohmaterialien für die Ofen kalkhaltige und tonerdehaltige Materialien verwendet. Der Kalkstein herrscht in der Mischung stark vor, die nach der Analyse des Gesteins variiert. In den Ofen eingebracht, wird ein sehr kleiner Teil dieses fein verteilten Rohmaterials in den Schornsteinfuchs geblasen, bevor dieser die Kalzinierzone des Ofens erreicht. Im Fuchs wird der Weitergang zur offenen Luft gewöhnlich durch elektrische oder andere Vorrichtungen niedergeschlagen so, dass nur ein sehr geringer Anteil der ursprünglichen kleinen Menge an Flugstaub tatsächlich in die umgebende Atmosphäre in Freiheit gesetzt wird. Untersuchungen haben gezeigt, dass der grösste Teil dieses Staubs in nächster Umgebung niederfällt, und dass nur das unfühlbare Pulver über grössere Entfernungen durch die Luft geführt wird. Obwohl sie ein unendlich kleines Volumen ausmachen, sind diese Teilchen deutlich in der Luft, besonders bei Tabakrauch, sichtbar.

Eine Untersuchung der Analyse des Staubs, der in der Nähe des Brecherhauses und des Schornsteinfußes gesammelt wurde, ist interessant. Er enthält wenig oder fast gar keinen fertigen Zement. Die wesentlichen ermittelten Bestandteile sind Kalziumoxyd, Kohlensäure, Kieselsäure und geringere Mengen an Oxyden des Eisens, Aluminiums und Magnesiums. Bei einer vor einigen Jahren durch das United States Public Health Service (amerikanische Gesundheitsbehörde) vorgenommenen erschöpfenden Untersuchung ergab sich folgende Analyse des Staubs, der in der Brecherabteilung einer Zementfabrik gesammelt war:

	%
Kieselsäure ( $\text{SiO}_2$ )	15,70
Eisen- und Tonerdeoxyd	6,20
Kalk (Kalziumoxyd)	41,93
Magnesiumoxyd	2,64
Kohlensäure, Wasser und organische Substanz	33,45
 Gesamt	 99,92

Die interessantesten Folgerungen aus dieser Analyse ergaben sich, als man sie mit der folgenden Analyse eines guten Kalkdüngers, der als typisch für seine Klasse von der National Fertilizer Association geliefert war, verglich:

	%
Kieselsäure ( $\text{SiO}_2$ )	7,41
Tonerde	1,91
Eisenoxyd	0,98
Magnesiumoxyd	18,17
Kalk (Kalziumoxyd)	28,29
Andere Oxyde	1,20
Kohlensäure	41,57
Wasser	0,57
 Gesamt	 100,10

Da keine Probe des Staubs oder Düngers die gleichen identischen Analysen ergeben würde, es sei denn durch Zufall, werden die obigen Analysen dennoch als typisch angesehen. Staubproben, die in der Nähe des Werks gesammelt werden, können verhältnismässig weniger Kieselsäure enthalten, wenn, wie allgemein angenommen wird, diese die grösseren und schwereren Partikel darstellt.

Es ist festgestellt, dass bei einem höchstwertigen Kalkdünger des Handels Kalzium- und Magnesiumoxyd 46,6% des Gesamt ausmachen, während im Schornsteinstaub der Prozentgehalt dieser wertvollen Düngestoffe insgesamt 44,5% beträgt, was praktisch ebenso hoch ist wie der Gesamtgehalt an Kohlensäure und Wasser mit 42,14% im Handelskalkstein und 33,45% im Schornsteinstaub. Während die beiden obigen Analysen sich beträchtlich im Kieselsäuregehalt unterscheiden, ist der mögliche Kieselsäureüberschuss im Staub mechanisch vorteilhaft für den Boden und kann auf die Vegetation keinen schädlichen Einfluss ausüben, da diese Substanz völlig inaktiv ist.

Diese Analysen zeigen ganz deutlich die wertvolle Natur des Zementfabrikstaubs als Düngemittel an; wenn tatsächlich ein Unterschied besteht hinsichtlich der Nützlichkeit zwischen dem gewöhnlichen Handelskalksteinerzeugnis und

dem Werksstaub, so liegt der Vorteil bei dem letzteren, der feiner verteilt ist, während das erstere gewöhnlich in gröberer und daher weniger nutzbarer Form angewendet wird. Man wird sich erinnern, dass systematisches Kalken des Bodens vorteilhaft für alle Feldfrüchte ist, und dass es mit grossen Unkosten durchgeführt wird.

Gelegentlich taucht die Frage nach der möglicherweise schädlichen Wirkung von Staubanhäufungen auf den Blättern verschiedener Pflanzen auf. Eine praktische Antwort kann man durch Prüfen von Korn oder von anderen Feldfrüchten erhalten, die nahe an steinigen Strassen wachsen und sehr staubig werden. Derartige Pflanzen sind ununterschiedlich ebenso kräftig und gedeihend wie gleiche Vegetation, welche entfernt von der Strasse wächst. Der technische Grund besteht darin, dass die Pflanzen durch Anhäufungen auf der Oberfläche der Blätter weniger beeinflusst werden, da diese dem Zwecke dienen, als Schild die Atmungszellen der unteren Flächen zu schützen.

Was die Möglichkeit einer Reaktion von Zementstaub mit Feuchtigkeit auf der Oberfläche der Blätter angeht, wodurch mechanische Schädigungen der Pflanze eintreten, so bestreitet ein deutscher Chemiker, Professor R. Ewert, der den einzig erschöpfenden Bericht über diese Frage liefert hat, diese Theorie völlig auf Grund seiner Versuche in der Nachbarschaft mehrerer deutscher Zementfabriken. Die Versuche Prof. Ewerts mit künstlicher Behandlung verschiedener Gartenpflanzen mit Zementstaub auf einer Versuchsanlage in Oberschlesien sind sehr interessant. Das Bestauben der Pflanzen wurde so häufig ausgeführt, dass alle neu gebildeten Blätter bedeckt waren. Er sagt über seine Experimente in den Jahren 1916-1917:

„Die mit Zementstaub und anderen Staubsorten 1916 behandelten Pflanzen brachten ausnahmslos die höchsten Ernten; im Durchschnitt wurde das gleiche Ergebnis 1917 erhalten. Nur mit Kalksteinstaub behandelte Gurken waren aus unbekannten Gründen vorzeitig reif, während Gurken in der Nähe einer arbeitenden Zementfabrik gesund waren, obwohl sie einer überaus starken Staubdecke ausgesetzt waren.“

Nach einer Reihe, über mehrere Jahre sich erstreckender Versuche fasst Prof. Ewert seine Ergebnisse wie folgt zusammen:

(1) Zement-oder Kalkstaub verhindert bis zu einem gewissen Grade den vollen Zutritt des Sonnenlichts und verzögert so unter normalen Bedingungen den Assimilationsprozess der Blätter, doch wiegt sein günstiger Einfluss auf die Ernteergebnisse schwer nach der Kreditseite. Andererseits hilft er der Pflanze Dürreperioden zu überstehen, indem er das dünne Häutchen der Epidermiszellen bedeckt und zu starke Verdunstung verhindert.

(2) Die Poren mit Schlitzöffnung auf der Oberseite der Blätter werden durch Staub nicht verstopft.

(3) Ein ungünstiger Einfluss auf die Fruchtbarkeit der Blumen seitens Zement-und Kalkstaub konnte nicht nachgewiesen werden; selbst Korn zeigte nicht die geringste Störung im Fruchtertrag.

(4) Zement-und Kalkstaub schützen Kulturpflanzen vor Pest und Parasiten beträchtlich.

(5) Auf Grund des Kalkgehalts fördert Staub einer Zementfabrik den Boden und die wertvollen Bakterien.

(6) Im allgemeinen ist der Einfluss von Zement-und Kalkstaub wertvoller als schädlich, was durch die mittleren Ergebnisse der Versuche angezeigt wird.

CEMENT  
AND  
CEMENT MANUFACTURE  
EL CEMENTO Y SU FABRICACIÓN.

SECCIÓN ESPAÑOLA

PUBLICADA POR CONCRETE PUBLICATIONS LIMITED,  
20, DARTMOUTH STREET, WESTMINSTER, LONDON, S.W.1, INGLATERRA.  
Se publica el 20 de cada mes. Precio, 2 shillings el ejemplar.  
Suscripción anual, 24 shillings, franqueo comprendido.

Instrumentos de medida y registradores para  
hornos rotatorios.—III.

Por A. C. DAVIS.

(DIRECTOR DE FÁBRICAS DE LA ASSOCIATED PORTLAND CEMENT MANUFACTURERS, LTD.)

Pirómetros ópticos.

La temperatura del material en la zona de cocción de un horno rotatorio es de unos 1500° C., y la de la llama es aun mayor. Es imposible por consiguiente emplear instrumentos tales como el pirómetro, que necesiten estar en contacto con el material cuya temperatura deba ser medida. Es necesario usar un instrumento que utilice únicamente medios ópticos, o bien el calor radiado por el material. Cuando la temperatura de un cuerpo es suficientemente alta, parte de su energía se hace visible en forma de luz. Este fenómeno viene usándose desde hace varios siglos y se emplea todavía en diversas industrias para determinar la temperatura de algunos cuerpos incandescentes. Puede pues afirmarse, sin temor de equivocarse, que el ojo humano ha sido el primer pirómetro conocido. Desgraciadamente, el método óptico de medición no ofrece garantías de precisión suficientes en aquellos casos en que se requiere una gran exactitud, dado que la vista de dos observadores independientes rara vez queda impresionada en la misma forma. El ojo que mide el grado de brillo es influenciado por la masa y por la duración del tiempo que se mantiene enfocado a un cuerpo incandescente. El brillo relativo de lo que lo rodea produce también una diferencia aparente en la intensidad del brillo. Por las mismas razones, los pirómetros ópticos que se valen de un medio absorbente interpuesto entre el cuerpo caliente y el ojo del observador no pueden dar resultados de gran precisión y seguridad, a no ser que el observador posea en su manejo una larga experiencia.

En la fig. 32 (v. pág. 518) está representado un modelo sencillo de pirómetro óptico, que puede ser clasificado entre los del tipo ultimamente mencionado, y

que recientemente ha sido perfeccionado. Consta de un trozo de cristal de unos 15 cm. de longitud ahumado con creciente intensidad de uno de sus lados al otro, y va montado en un marco a lo largo del cual puede desplazarse un ocular. El pirómetro está calibrado observando una bujía patrón y moviendo el ocular a lo largo de la escala, hasta encontrar un punto en que la imagen de la bujía desaparece totalmente. Este punto corresponde a una temperatura definida y conocida y se señala sobre la escala para que sirva de referencia en las observaciones subsiguientes. Antes de que otro observador use el instrumento es preciso que compare su visión con la de la persona que ha calibrado el pirómetro. Esto es efectúa por referencia a una bujía patrón, observando el número de grados que el ocular tiene que desplazarse por encima o por debajo de la posición tipo para lograr la eliminación completa de la imagen de la bujía. El observador podrá luego dirigir el ocular hacia el cuerpo incandescente cuya temperatura se desea medir, y moviendo el ocular a lo largo del cristal ahumado podrá encontrar un punto en que ya no se divise el cuerpo incandescente. La temperatura aparente se lee entonces en la escala, pero a ella habrá que añadir o restar la diferencia entre el calibrado tipo y el calibrado del observador que opera entonces.

Otro modelo de pirómetro óptico (fig. 33, véase pág. 519) que da resultados muy seguros es uno que emplea un filamento metálico calentado por medio de una corriente eléctrica. El filamento ha sido previamente sometido a un tratamiento suficientemente prolongado para evitar que en él se produzcan fluctuaciones de brillo cuando pasa por él una intensidad de corriente determinada; va montado en un tubo equipado con un sistema óptico, por medio del cual puede enfocarse el cuerpo incandescente cuya temperatura se desea medir y llevarlo hasta un punto del tubo junto al filamento. El filamento está conectado en serie con un amperímetro y una resistencia variable. Variando esta última, la temperatura del filamento puede hacerse corresponder con la del cuerpo caliente enfocado, hasta lograr que no se note diferencia alguna de brillo. El cambio de resistencia produce un cambio de intensidad en la corriente, el cual se traduce en grados de temperatura, expresados directamente por el amperímetro convenientemente graduado de antemano. La vista puede notar una pequeñísima diferencia de brillo entre el filamento y el cuerpo incandescente, y no hay dificultad alguna en poder apreciar diferencias del orden de 2° C. a unos 500° C.

Hay varios tipos de pirómetros cuyo funcionamiento está basado en el calor radiado por un cuerpo negro, pero todos poseen un sistema óptico que hace que las ondas de calor radiado puedan concentrarse en un punto. Como es sabido, el calor solar puede ser concentrado por medio de una lente hasta el punto de producir fuego. De la misma manera, en un pirómetro de radiación, el calor radiado es enfocado de manera que actúe sobre un termo-par, o sobre otro medio cualquiera de medición de temperaturas. Este principio es el que se emplea en el pirómetro Féry, del que hay diversos modelos.

El tipo primitivo de este instrumento (fig. 34, véase pág. 519) es pesado y voluminoso; su sistema óptico requiere el empleo de un trípode, necesario para poder enfocar el objetivo. Se han introducido, sin embargo, perfeccionamientos en su construcción, de manera que actualmente es posible disponer de un instrumento (como el de la fig. 35, véase pág. 520), que resulta portátil, puede ser sostenido con una mano y no requiere un enfocado preciso, siempre que se tenga la precaución de cumplimentar unas sencillas instrucciones. Con este tipo de instrumento es posible obtener resultados de gran exactitud, siempre que la superficie del cuerpo negro, en combinación del cual se use, cubra completamente el objetivo del sistema óptico.

Suele haber mucha confusión en lo que se denomina cuerpo negro. Un cuerpo negro verdaderamente merecedor de esa denominación no debe reflejar la menor cantidad de luz procedente de manantiales luminosos exteriores, absorbiendo, por consiguiente, cuantos rayos luminosos incidan sobre él. El interior de un horno puede ser tratado, pues, como un cuerpo negro, siempre y cuando la abertura a través de la cual se hace la observación sea pequeña, de manera que todo el calor radiado tenga que proceder necesariamente del interior del horno. En cambio, cuando el objetivo puede recibir luz de un manantial exterior, tal como el sol, o el objeto no es un verdadero cuerpo negro, se absorberá o reflejará energía radiante en su superficie, y la lectura del pirómetro será inexacta. Hay objetos que en determinadas circunstancias pueden ser verdaderos cuerpos negros, pero que pierden algo de esta condición cuando una película de óxido se forma en su superficie, a causa de estar expuestos a los agentes atmosféricos. Se verá también que, bajo ciertas condiciones, es preciso tener un gran cuidado cuando se use este tipo de instrumento. La zona de cocción de un horno rotatorio puede ser considerada como un verdadero cuerpo negro.

Otro modelo de pirómetro de radiación (fig. 36, véase pág. 521) es el que emplea en lugar de un termo-par una cinta bimetálica, arrollada en forma de bobina. Por medio de un sistema óptico, el calor radiante es concentrado sobre esta bobina bimetálica, y a causa de la diferencia de dilatación de los dos metales de que está formada, la espiral tiende a aumentar o disminuir de diámetro, según la temperatura del objeto que se está midiendo. Los movimientos de la espiral son transmitidos a una aguja, que se desplaza ante una escala. Este instrumento se halla perfectamente compensado para los cambios de temperatura del aire y para el calor que pueda ser radiado sobre el mismo. Sus dimensiones son: 200 mm. de longitud por 60 mm. de diámetro; es, por consiguiente, muy adecuado para el transporte, y no requiere ni enfocado ni ajuste ninguno de otra clase, proporcionando con toda rapidez las lecturas deseadas.

#### Peso del combustible.

Salvo raras excepciones, se emplea el carbón pulverizado para la producción de la elevada temperatura necesaria para dar lugar a las transformaciones químicas que se verifican en el horno rotatorio. Las excepciones son generalmente fábricas que se hallan situadas en las inmediaciones de algún manantial o centro de aprovisionamiento de combustible líquido barato. Cuando se usa petróleo, resulta fácil medir la cantidad consumida, ya que se dispone de numerosos modelos de contadores, tales como los de tipo rotatorio o de desplazamiento. No nos proponemos tratar con detalle de los mismos, ya que la aplicación del combustible líquido se hace sólo en muy limitados casos. La fig. 37 (véase pág. 521) es un corte o sección de un contador del tipo de desplazamiento.

Cuando se usa carbón, el combustible se pesa o mide, generalmente, antes de su pulverización. Con la introducción de pulverizadores combinados en una sola unidad, para los hornos rotatorios, resulta ser relativamente sencillo el determinar el régimen de alimentación, ya que basta intercalar un aparato pesador o medidor entre la tolva de llegada del carbón bruto y el aparato triturador. El carbón se pesa, generalmente, por medio de una báscula, pero en muchos casos resulta más sencillo, desde el punto de vista de su instalación, usar un modelo de contador que mida su volumen, para luego reducir los volúmenes hallados a peso.

Esta última forma de contador es la que se conoce con el nombre de "Cubimeter," y su aplicación se puede apreciar en la fig. 38 (véase pág. 522).

Consiste en un trozo no muy largo de transportador de cinta, que corre entre dos placas verticales, colocadas una a cada lado de la misma, y en una compuerta móvil, que mide la altura de combustible sobre la cinta. Por medio de dispositivos adecuados de integración, la medición, en unidades cúbicas del carbón que circula durante un determinado periodo de tiempo, puede ser totalizada, y se lee sobre un indicador o un registrador que señala las cantidades a que asciende la alimentación en kgs. o toneladas por hora. Este modelo de aparato de medición tiene la ventaja de que, además de registrar la cantidad consumida en cada periodo de tiempo, permite averiguar el régimen de alimentación en un momento determinado. La transformación de las unidades cúbicas en unidades de peso exige el empleo de una constante, que variará según las diferentes clases de carbón y su dosis de humedad. Es, por consiguiente, necesario comprobar de vez en cuando con regularidad el peso del metro cúbico de carbón usado.

Cuando se deseé medir el carbón ya pulverizado, podrá realizarse empleando un sistema que se vale de un silo, donde se almacena el carbón molido, siendo entonces la solución más empleada enlazar el registrador con el tornillo alimentador, que conduce el carbón por un tubo, midiéndose entonces en realidad el número de revoluciones que en la unidad de tiempo da dicho tornillo. A primera vista, parece ser éste un método satisfactorio, pero, desgraciadamente, el carbón no suele fluir con regularidad de la tolva alimentadora al tornillo, y en consecuencia sucede que dicho tornillo funciona a veces vacío parcial o totalmente; además, el carbón hay momentos en que se halla más compacto que en otros en el interior del tornillo.

#### Entrada de aire en el horno.

El aire para la combustión del carbón en el horno es introducido en dos fracciones, que se denominan entradas de aire primaria y secundaria. El aire primario es introducido con el combustible, y puede estar o no estar a temperatura superior a la atmosférica. La entrada de aire secundario se efectúa a través del enfriador rotatorio, ya forme parte del horno, ya sea de tipo independiente; en él, el calor se traslada del clinker caliente al aire frío que entra. Este aire secundario entra en el horno a través de una caperuza dispuesta alrededor del tubo donde va el mechero. Es casi imposible obtener mediciones seguras de la cantidad de aire secundario, debido a que no todo él pasa por el enfriador, ya que se producen infiltraciones abundantes por las juntas entre el horno y el enfriador y entre la caperuza del mechero y el horno. Es necesario, por consiguiente, limitar las mediciones a la entrada del aire primario, para lo cual pueden ser empleados uno o varios dispositivos de medición. La forma más corriente de instrumento es el tubo Pitot. Consta éste de dos tubos de pequeño calibre, dispuestos de manera que el extremo de uno de ellos quede en ángulo recto con la corriente de aire, y el otro tenga su extremo dirigido precisamente contra dicha corriente. Estos dos tubos se disponen hacia el centro de la corriente gaseosa, y de tal manera que los otros extremos se hallen enlazados a un manómetro diferencial.

Cuando la presión es positiva, como ocurre en la boca de salida de un ventilador, el tubo que se halla en ángulo recto con la corriente transmitirá la presión estática, y el tubo que da frente a la corriente marcará la suma de las presiones estática y debida a la velocidad, o sea la altura total de la columna de agua equivalente a la presión.

Si ambos tubos están enlazados a los extremos opuestos de un mismo manómetro, la lectura diferencial que éste señale expresará la presión debida a la velocidad.

Las condiciones son algo diferentes cuando la presión es negativa, como sería la que reinase en la boca de aspiración de un ventilador. El tubo perpendicular a la corriente daría entonces la aspiración total, y el tubo que da frente a la corriente la diferencia entre las presiones estática y debida a la velocidad, cuando ambos tubos estén encajados cada uno a un extremo de un manómetro diferencial de tubo en "U."

Es posible calcular, por medio de sencillas fórmulas, el volumen que pasa por un conducto en la unidad de tiempo, cuando se conocen la presión debida a la velocidad, el área de la sección transversal del tubo y la temperatura del aire. El tubo Pitot da resultados completamente satisfactorios siempre que el aire se mida antes de mezclarlo con carbón pulverizado. Es completamente inútil quererlo emplear una vez haya sido agregado el carbón, porque los tubitos del aparato quedan pronto obstruidos. Se han construido modelos perfeccionados o modificados del tubo Pitot sencillo, y se afirma que dan satisfactorios resultados en los casos en que el aire lleva polvo de carbón. En la fig. 39 (véase pág. 524) se representa un instrumento de este tipo; sin embargo, es mucho mejor aplicarlo a un punto de la tubería anterior a la entrada del carbón.

El contador Venturi (fig. 40, véase pág. 524) puede también ser empleado en la medición de la cantidad de aire. Su funcionamiento se basa en el aumento de velocidad que se produce cuando se reduce la sección transversal de un tubo, y la diferencia de presión que de ello resulta se pone de manifiesto entre dos puntos situados a distancia relativamente pequeña uno de otro. Una de las ventajas del contador Venturi es que la pérdida de presión acaecida en la totalidad del aparato es muy pequeña, ya que, dando las proporciones adecuadas a las partes anteriores y posteriores al punto más estrecho, puede recuperarse un 85% del calor requerido para crear la velocidad. Lo mismo que con el tubo de Pitot, se emplea también un manómetro de columna de agua o de forma distinta con objeto de medir la diferencia de presión, pudiéndose calibrar sin inconveniente, de manera que exprese directamente las cantidades medidas.

Cuando no sea conveniente emplear un contador Venturi, que generalmente ocupa una longitud considerable de tubería, puede ser empleado un contador del tipo de orificio. Consiste éste (fig. 41, véase pág. 524) en una placa que tiene en su centro un agujero de diámetro menor que el del tubo, que se introduce perpendicularmente a la corriente. Esta placa actúa como un estrechamiento, y produce una gran diferencia de presión entre ambas caras, en sentido de la corriente; la diferencia en cuestión se mide con un manómetro graduado, sea en columna de agua, sea directamente en caudal o cubicación. La caída de presión producida por el estrechamiento es frecuentemente de muchos centímetros de columna de agua, que se pierden sin la menor recuperación.

#### Temperaturas del clinker.

La temperatura del clinker que sale de un enfriador rotatorio o integral debe ser lo más baja posible, con objeto de asegurar la transmisión máxima de calor desde el clinker al aire secundario, y para dejar al clinker en condiciones en que pueda ser satisfactoriamente transportado por una cinta o por otros medios análogos. Operando en condiciones adecuadas la temperatura deberá ser muy inferior a 95°C. No es posible medir la temperatura de manera continua, por hallarse por debajo de los límites en que son aplicables los métodos pirométricos ópticos y de radiación, y por otra parte sería muy difícil emplear un pirómetro de otra clase, debido a que el enfriador se encuentra en movimiento de rotación y a causa de la naturaleza áspera y desgastadora del clinker, que originaría un rápido deterioro de cuanto se pusiera en contacto con él.

### Pérdidas por radiación y convección.

Frecuentemente es necesario medir la temperatura de la envolvente de un horno o de un enfriador, ya que con dicho dato es posible calcular la pérdida debida a la radiación y a la convección. Varios medios pueden emplearse para determinar esas temperaturas que varían desde unos 95° C. para abajo.

Es muy adecuado un tipo especial de pirómetro que emplea un termopar de forma de cinta, y que se adapta muy bien a tal finalidad. La termo-cinta tiene unos 12 mm. de anchura y unos 20 cms. de longitud y se halla montada en una armadura o bastidor ligero en forma semejante a una cuerda con su arco; todo ello va al extremo de un mango largo y ligero. Sólo es necesario entonces poner en contacto el centro de la cinta o termo-par con la superficie cuya temperatura hay que medir. La temperatura es señalada por un indicador de tipo corriente.

Otro método de medición directa de las pérdidas por radiación y por convección es un instrumento conocido con la denominación de calibrador de flujo térmico. Es un aparato relativamente sencillo, y aunque puede suceder que los resultados no sean de tanta precisión como los que dan otros métodos más laboriosos, tiene la ventaja de ser relativamente rápido y capaz de dar resultados prácticos sin necesidad de recurrir a pesados cálculos.

Para el caso de superficies planas es adecuado el instrumento indicado esquemáticamente en la fig. 42 (véase pág. 525). La fig. 43 (véase pág. 526) representa una vista del revés y otra del frente del instrumento. Los órganos esenciales del instrumento consisten en una cámara de aire conectada con un manómetro muy sensible y en un estrecho orificio que reviste la forma de un tubo capilar conectado con la cámara. Cuando la superficie sensible de la cámara es expuesta de manera que reciba el flujo calorífico, se produce una elevación de la presión del aire en el interior de la cámara, en forma proporcional a la cantidad de calor que afluye. Al subir la presión, parte del aire sale por el tubo capilar, pero se restablecerá el equilibrio tan pronto como la cantidad de aire perdida por causa de la expansión compense exactamente la elevación de la presión debida a la afluencia de calor a la cámara. La medida de esta presión de equilibrio es la que se toma como medida del flujo de calor recibido.

La superficie de la cámara destinada a recibir el calor está cubierta de negro mate por ambas caras, en tanto que el resto está pulimentado brillante. La cámara se encuentra montada en el interior de un manguito o doble forro de circulación de agua, con paredes pulimentadas también. Es necesario calibrar el instrumento por experimentación directa; el método usado es el de comparar las indicaciones del aparato con unas pérdidas de calor conocidas de una placa de cobre calentada eléctricamente. Haciendo variar la magnitud de esas pérdidas conocidas, puede establecerse un gráfico de calibración que indique la relación entre las lecturas del manómetro y las pérdidas por radiación y convección expresadas en kilocalorías por metro cuadrado y por hora.

### Peso del clinker.

El peso del clinker es una operación bastante más difícil que la de pesar los otros materiales, debido a la naturaleza áspera y desgastadora, que hace que las piezas u órganos de trabajo de los aparatos, tales como las cuchillas de apoyo, se hallen sometidas a un desgaste excesivo que en breve tiempo pone fuera de servicio y hace perder toda su precisión al aparato. Por igual razón los contadores que se fundan en la medición de volúmenes no suelen dar buenos resultados. Cuando lo que se determina es el peso, suele usarse una báscula que vaya pesando cantidades sucesivas. Uno de los modelos consiste en un tambor giratorio dividido en cuatro departamentos, construido de manera que

cuando un determinado peso de clinker ha pasado al departamento que se halla en la parte superior, el centro de gravedad del aparato se desplaza en forma que hace girar el tambor; el departamento se vacía entonces totalmente, mientras que el departamento siguiente ocupa su lugar para llenarse a su vez. El número de veces que la máquina efectúa esos movimientos de rotación y volteo, registrados por un contador, permite calcular el peso total del clinker que en un periodo de tiempo determinado ha sido pesado por el aparato; esto implica el uso de una constante previamente determinada por medio de ensayos de calibración.

En las fig. 44, 45, y 46 (véase págs. 526 y 527) se representan instalaciones típicas hechas en diferentes fábricas.

La fig. 44 (véase pág. 526) representa un aparato combinado que sirve como registrador de oxígeno, de CO<sub>2</sub>, de catarómetro para el registrador de CO<sub>2</sub>, extractores de muestras de gas para largo periodo y aparatos de Orsat. La fig. 45 (véase pág. 527) es una vista de una cuadro de control de un horno equipado con indicadores de tiro y de presión y tableros de control de la velocidad del horno, de la llegada de carbón y de la alimentación de pasta. La fig. 46 (véase pág. 527) representa un cuadro de control de un horno equipado con un pirómetro indicador conmutable en doce puntos, con indicadores de tiro y de presión.

Lo que precede no pretende comprender la totalidad de los medios utilizables para determinar los diversos y numerosos factores que intervienen en el control científico de las operaciones que se realizan en un horno rotatorio; más bien significa un avance de datos destinados a indicar los principios en que se fundan y la manera como se usan muchos modelos de tales instrumentos para dar útiles resultados cuando son aplicados a un proceso de fabricación, que aun en esta época de claridad científica, sigue siendo un arte que requiere todavía la práctica y la experiencia del hombre.

El autor debe manifestar su agradecimiento por algunos de los grabados precedentes a las siguientes entidades:

Foster Instrument Co., Ltd., figs. 1, 2, 4, 33, 35, 42, 43; Electroflo Meters Co., Ltd., figs. 5, 6, 16, 17, 30, 31, 46; Duguids, Ltd., figs. 10, 26; J. Hopkinson & Co., Ltd., figs. 28, 29; Lea Recorder Co., fig. 38; George Kent, Ltd., fig. 27; Cambridge Instrument Co., figs. 3, 11, 12, 34; Walker, Cross & Co., figs. 13, 22, 23, 24; Viozone, Ltd., fig. 32; W.R. Patents, Ltd., figs. 14, 15 y 25.

## ANUNCIOS.

Todos los encargos de anuncios en CEMENT AND CEMENT MANUFACTURE deben dirigirse a "Concrete Publications, Limited," 20, Dartmouth Street, London, S.W., Inglaterra.

Todo texto de anuncios debe ser entregado en estas oficinas a mas tardar el dia último del mes precedente a la publicación. Si para dicha fecha no se ha recibido un nuevo texto, los editores se reservan el derecho de repetir el texto anterior.

Si los anuncios han de publicarse en mas de un idioma, el anunciante debe suministrar los textos traducidos. Si se desea, los editores se cuidarán de dicho trabajo de traducción, pero solamente en la inteligencia de que no aceptan responsabilidad alguna acerca de su exactitud.

## Extracción de muestras y análisis del carbon.

La British Engineering Standards Association ha publicado unas Normas inglesas para la "Extracción de muestras y análisis del carbón para la exportación" (precio 2 chelines, neto).

La I parte trata de los métodos de extracción de muestras. Cuando hay que tomar muestras de vagones, el número de muestras elementales requerido se distribuirá por igual entre el número total de vagones de la partida consignada. Las muestras serán extraídas con la cuchara tan profundamente como sea posible (nunca a menos de 300 mm. de profundidad) y a distancias iguales aproximadamente a una sexta parte de la longitud de la diagonal trazada entre las esquinas de los vagones y además, en los centros de los vagones. La posición de los orificios hechos para la extracción de muestras se variará con regularidad de uno a otro vagón. Cada orificio se abrirá de manera que quede, en cuanto esto sea posible, una pared vertical por la parte del orificio más cercana al centro del vagón, tomando entonces la muestra elemental por medio de la cuchara de extracción de muestras, con la cual se rascará desde el fondo hasta la parte alta el lado o pared más vertical del orificio. En otros casos, alternativamente, la muestra elemental se tomará de la parte baja o fondo del orificio. Las muestras extraídas de la parte superior de los vagones no pueden ser consideradas como fidedignas para la dosis de humedad del carbón lavado, o mojado en otra forma cualquiera. Para tales carbones en que no se puede obtener, durante la descarga de un vagón una muestra del conjunto que acuse fielmente la humedad, esta muestra se tomará del fondo de un orificio practicado en el centro del vagón, tan cerca como sea posible, del punto medio de su profundidad en la masa del carbón.

Al tratar del método de reducción de las muestras brutas, dice así:

"Dado que al triturar o moler carbones lavados se ha visto experimentalmente que daban una pérdida considerable de humedad, se recomienda que en el caso en que la humedad deba ser determinada en un carbón lavado tal como se recibe, la muestra en bruto sea intimamente mezclada y de ella se sacará una muestra de humedad de 4,5 kg. por lo menos, formándola con pequeñas muestras elementales, bien repartidas por todo el montón. Esta muestra de humedad se encerrará en un envase sellado herméticamente sin pérdida de tiempo, y luego se enviará directamente al laboratorio poniendo una etiqueta que diga claramente "Muestra de humedad." En tales casos, si el peso mínimo especificado para la muestra bruta es inferior a 45 kgs., la cantidad recogida efectivamente deberá ser aumentada por lo menos en 4,5 kgs. El total de la muestra bruta primitiva, (o el resto, después de haber extraído una parte para servir de muestra de humedad), será molido o triturado, si puede ser, hasta que pase por orificios cuadrados de 6,35 mm.; luego se reducirá por alguno de los métodos siguientes:

Si se usa el método a mano: (1) la totalidad de la muestra bruta será colocada en el suelo, y el carbón se mezclará de manera rápida pero completa, amontonándolo y transportándolo desde donde está hasta otro sitio diferente dos o tres veces; (2) se formará luego un montón cónico, depositando cada cucharada en la parte más alta del montón ya formado por la anterior o sea teniendo cuidado de verterla en la punta o vértice del cono, de manera que las porciones o partículas que resbalen por los taludes, queden distribuidas tan uniformemente como sea posible y que el centro del cono no se desplace. Alguno

de los fragmentos mayores, puede darse el caso de que ruede por el talud y luego se desparrame fuera de la base. Entonces el operador deberá recoger con cuidado ese material y volverlo a juntar al borde de la base del cono. Un nuevo cono será formado luego otra vez de manera semejante, teniendo cuidado de operar constantemente por el borde circular del primero hasta que todo él haya sido trasladado de sitio. Después, el tercer cono será aplanado uniformemente introduciendo repetidamente el borde de una cuchara o tablilla segun planos axiales, operando radialmente alrededor del cono y levantando la cuchara o tablilla limpiamente cada vez. El montón aplanado será de espesor y diámetro uniformes y su centro coincidirá con el centro del cono primitivo. La muestra será luego dividida en cuatro partes segun dos diámetros perpendiculares entre sí. Esto podrá hacerse cuidadosa y rápidamente por medio de una cruz de plancha metálica construida con cuatro láminas u hojas reunidas en el centro dispuestas mutuamente segun ángulos rectos y mantenidas en tal posición por medio de escuadras o refuerzos y consolidadas por cerca de sus bordes superiores. Esta cruz se coloca centrada sobre el montón y su borde inferior cortante se introduce en el carbón apretándola de arriba abajo. Cada una de las cuartas partes del montón así dividido, será separada con la cuchara y reunida luego en un montón independiente, juntando una cuarta parte con la que se halla diametralmente opuesta. Luego se prescindirá de uno de estos dos montones. La operación (II) se irá repitiendo hasta que solo queden unos 4,5 kg. En el caso en que no se haya previamente sacado una muestra especial para la determinación de la humedad se sacará entonces una mezcla de 1 kg. con tal finalidad.

El método 1 para la determinación de la humedad por el análisis es el siguiente: Pésense de 2 a 10 g. de carbón desecado al aire, molido hasta pasar a través del tamiz I.M.M. de 600 mallas en una cápsula o vasija poco profunda provista de una tapa o cobertura que tape bien. La superficie de la vasija en que se pesa debe ser tal que el peso de la capa de carbón no exceda de 0,3 g. por  $\text{cm}^2$ . Caliéntese el carbón sin taparlo, durante una hora, a una temperatura de 105 a 110° C.; luego se procederá a enfriar la cápsula en un desecador cargado con ácido sulfúrico concentrado o con cloruro cálcico, y se pesará tapada. La pérdida de peso expresará la humedad.

El método que sigue es el método 1º para la determinación de la humedad en el carbón " tal como se recibe " : Extiéndase la muestra de carbón, por lo menos de 1 kg. en bandejas de metal previamente taradas, y pésese todo junto. Déjese secar al aire el carbón durante varias horas en una atmósfera limpia de polvo, a una temperatura que no exceda de 50° C. hasta que el peso se mantenga aproximadamente constante a la temperatura de la habitación, y anótese la pérdida de peso. Si el bote donde viene la muestra (o bidón, según su cantidad) está húmedo o mojado, tendría que ser pesado y desecado lo mismo que dicha muestra. Se molerá luego la muestra desecada (sin exponerla a cambios de temperatura o de humedad), hasta que pase por el tamiz de 10 mallas I.M.M. y luego se mezclará bien. Se tomarán porciones de 30 g. de carbón y se desecarán hasta peso constante a una temperatura de 105-110° C. en la estufa, empleando platillos grandes (preferentemente de fondo plano) de una superficie de 60 a 70  $\text{cm}^2$  y provistos de tapa, para poner en ellos el carbón. La desecación no debería requerir por lo general mas allá de hora y media.

A continuación se describen los métodos del crisol y de la mufla para la determinación de las materias volátiles.

**Método del crisol.**—Pésese un gramo de carbón desecado al aire y molido hasta que pase por el tamiz de 60 mallas I.M.M., puesto en un crisol de platino cerrado con una tapita que cierre bien y que puede tener un orificio en el centro de no mas de 2 mm. de diámetro. Colóquese el crisol, tapado en un soporte adecuado, tal como un triángulo de alambre de platino o nichrome, o bien un aro de material refractario, y caliéntese sobre una llama durante 7 minutos, a una temperatura de  $965^{\circ}$  C.  $\pm 5^{\circ}$  C. Enfriese el crisol, primeramente sobre una placa de hierro para evitar la oxidación de su contenido, y finalmente en un desecador, después de lo cual se pesará. La pérdida de peso menos la humedad (determinada por separado) representa la materia volátil.

El crisol tendrá las siguientes dimensiones: Diámetro en la base 24-25 mm.; diámetro en la boca, 34 mm.; altura 35-40 mm.; capacidad 25-30 cm<sup>3</sup>.

El aparato se graduará de manera que se alcance una temperatura de  $965^{\circ}$  C.  $\pm 5^{\circ}$  C. en el fondo del crisol tapado, valiéndose para ello de la indicación prestada por la fusión incipiente de un cristal de cromato potásico puro, colocado en el crisol tapado y calentado durante 7 minutos en las condiciones del experimento.

**Método de la mufla.**—Pésese un gramo de carbón desecado al aire, molido hasta pasar a través de un tamiz de 60 mallas I.M.M. puesta la muestra en un crisol\* de platino, sílice o porcelana, de una capacidad de 20-30 cm<sup>3</sup> y cerrado con una tapa que obture bien. Caliéntese el crisol tapado en un horno de mufla durante 7 minutos a la temperatura de  $965^{\circ}$  C.  $\pm 5^{\circ}$  C. Déjese enfriar el crisol en un desecador y pésese. La pérdida de peso, rebajada en la humedad (determinada por separado), representa la materia volátil. Debe emplearse un horno de mufla calentado por gas o eléctricamente pero de manera que en el pueda ser mantenida una temperatura constante y uniforme. Para asegurar el calentamiento uniforme del crisol debe evitarse el contacto directo con la solera o las paredes de la mufla; deberá para ello colocarse en un soporte adecuado tal como un triángulo de alambre de platino o nichrome o bien un aro de material refractario.

Para la determinación de las cenizas, pésense de 1 a 5 g. de carbón desecado al aire, molido hasta pasar a través de un tamiz de 60 mallas I.M.M., en una cápsula plana de platino, porcelana o sílice de 20-40 cm<sup>2</sup> de superficie (según la cantidad de carbón empleada) por un centímetro de profundidad. Caliéntese a la temperatura de  $750$ - $800^{\circ}$  C. en una atmósfera oxidante durante una hora o hasta peso constante. Enfriese en un desecador y pésese. Deberá usarse un horno de mufla, y tener la precaución de que pueda circular libremente el aire sobre el carbón.

En la determinación del poder calorífico, el valor que para este se determina es el que tiene el carbón estando los productos de la combustión en condiciones de volumen constante; este valor puede diferir del calculado a presión constante en un 1 por 1000.

En el método de la bomba de combustión se usará una bomba calorimétrica de alta presión tipo Berthelot. Esta deberá tener su superficie interna que no sea atacable por los ácidos por lo menos en grado tal que tal ataque pudiese perjudicar a la precisión o exactitud de los resultados. La capacidad de la bomba debe ser adecuada para que cuando se cierra y se llena con oxígeno a la presión de trabajo, contenga por lo menos dos veces y media la cantidad de oxígeno necesaria para la combustión de la substancia ensayada.

\* Cuando se usa un crisol de sílice o porcelana, sus paredes no deben exceder de 3 mm. de espesor.

## La cocción del cemento sobre parrilla transportadora.

Los hornos corrientes para la fábricación del cemento han sido hasta hoy el horno vertical y el horno giratorio. Los inconvenientes de ambos sistemas son: cocción irregular en el horno vertical y un gran consumo de combustible en el horno giratorio.

Para encontrar un sistema de cocción que reuna las ventajas de los dos sistemas antes mencionados, sin ninguno de sus inconvenientes, se han llevado a cabo numerosos ensayos, de los cuales solo trataremos en este artículo de la parrilla transportadora.

Este aparato que sirve para la aglomeración ó reducción de minerales, ha sido adoptado actualmente para la cocción de cemento.

Vamos a tratar más detenidamente de la parrilla como aparato para la aglomeración de minerales, ya que esto da una idea de la posibilidad del empleo de la parrilla sin-fin en la industria del cemento.

El mineral es llevado en una capa uniforme a la parrilla y es transportado por medio de esta a través del horno. Si se trata de una reducción del mineral se mezcla antes con carbón. En este caso basta aspirar aire a través de la parrilla, por cuya acción resulta la combustión del carbón y en el caso de un exceso de carbón, una reducción del mineral. También se puede instalar un hogar al lado de la parrilla y aspirar la llama del mismo a través de la parrilla, hasta la materia a tratar.

En el primer caso es conveniente conducir el aire a presión debajo de la parrilla, de manera que pase de abajo hacia arriba, primero por la parrilla y luego a través de la materia que está encima de ella, enfriándose así la parrilla. En el segundo caso ó sea empleando un hogar aparte, se efectúa la operación en sentido inverso, así el calor de los gases es absorbido particularmente por la capa superior de la materia y los gases tocan las barras de la parrilla con una temperatura relativamente baja. Para lograra pesar de esto una cocción uniforme de todo el material, se añade una capa de clinker cocido entre la parrilla y la materia a cocer. De esta manera es igualmente posible, calentar suficientemente las partes inferiores de la materia, sin exponer la misma parrilla a una temperatura demasiado elevada. Hay además otros sistemas, en los que la materia a cocer y el combustible son llevados a la parrilla en capas separadas ó en diferentes mezclas. En general estos procedimientos han dado buenos resultados, tratándose de la preparación de minerales, con una sola excepción, que es en el caso de que el material por el tratamiento se haga pegajoso y aun líquido, en cuyo momento la parrilla sinfin resulta inservible ya que los orificios se llenan de material y las barras quedan entrecogidas, siendo imposible a los gases atravesar la materia. La principal ventaja de la parrilla sin-fin en comparación a los hornos corrientes, consiste en que todas las partes de la materia llegan a estar en contacto con los gases, de una manera regular y uniforme, siendo condición principal é indispensable, que la resistencia que encuentran los gases ó el aire aspirado, sea uniforme en todas las partes de la parrilla.

Los problemas que resultan adoptando este procedimiento para la cocción de cemento ó material semejante, serán discutidos a base de algunos casos que se han presentado en la práctica. En la fig. 1 (pág. 532) vemos una instalación de parrilla sin-fin para la cocción de cemento. Las materias primas son transportadas del silo A al molino B y de allí a la cinta transportadora R, la cual es alimentada en cantidades uniformes con carbón, desde el silo D. Después de

haber pasado por la rosca mezcladora E, la mezcla es depositada en el silo F, desde el cual es llevada en corriente regulable y uniforme a la parrilla-sin-fin. Delante y detrás del recipiente F se hallan instalados los silos S y T. El silo S es alimentado con una mezcla de clinker cocido y un poco de carbón, mientras que el silo T solo contiene carbón. Al moverse la parrilla sin-fin V se forman encima de ella tres capas, una encima de la otra. La capa inferior está formada por clinker y algo de carbón. La intermedia, que es la principal, es la materia a cocer, y la tercera ó superior es una capa fina de carbón. Encima y debajo de la parrilla están previstas dos cámaras. En la cámara superior puede entrar aire atmosférico, que es aspirado, a través de la materia y de la parrilla, desde donde los gases de escape son aspirados por un ventilador. Hay que mencionar todavía, que la parrilla sin-fin, cerca del final de su entrada en el horno, pasa por un dispositivo de inflamación. Primeramente se inflama la capa superior de carbón y poco a poco pasando por el horno se enciende todo el material.

¿ Que particularidad tiene pués este procedimiento? Igual que en la cocción sobre la parrilla sinfin, puede decirse que el contacto de todas las partes de la materia con los gases de combustión, es uniforme, cuando menos por lo que se refiere a las partes que se hallan en el mismo plano horizontal, siendo más difícil de solucionar esta cuestión en aquellas partes que se encuentran en el mismo plano vertical. El aire frio llega primeramente al carbón, adquiriendo una temperatura muy elevada, encontrándose luego con las partes superiores de la mezcla que está formada por combustible y materia a cocer.

La proporción de combustible y materia cruda debe ser tal, que el calor que además resulta de la inflamación del carbón, mezclado con la materia, esté equilibrado con el calor consumido en la cocción de la materia cruda, de modo que nunca pueda presentarse un cambio en la temperatura de los gases. Estableciendo dicha proporción, entre combustible y materia cruda, se puede lograr este efecto con relativa seguridad. Finalmente, los gases calientes llegan a la capa inferior de clinker cocido, donde pierden tanto calor, que ya no hay peligro de que se queme la parrilla.

Otra cosa que hay que tener en cuenta en este procedimiento, es, que la cocción debe estar terminada cuando la capa fina de carbón que está encima de la materia, quede consumida por el fuego; pues el aire que luego es aspirado a través de la materia, ya no tiene suficiente temperatura, puesto que solamente enfriar el clinker ya cocido. El aprovechamiento de las calorías del combustible, en este procedimiento, es relativamente malo, y tampoco es aprovechado el calor del clinker caliente, pués este sale inmediatamente al exterior. Este inconveniente puede sin embargo ser disminuido instalando una zona de enfriamiento en la cual sea aspirado el aire de combustión a través del clinker caliente. Esta solución ya ha sido en efecto recomendada.

Además no son aprovechados los gases calientes de escape, no siendo de importancia que estos sean enfriados por la capa inferior de clinker, puesto que el calor absorbido por ésta, tampoco es aprovechado para la clinkeralización. Debido a estos inconvenientes, se ha propuesto aprovechar los gases de escape para un calentamiento preliminar de la materia cruda, para este fin se ha previsto una comunicación entre la cámara situada debajo de la parrilla y una cámara superior que se halla delante de la zona de cocción (vista en dirección á la marcha de la materia) de la cual son aspirados los gases de escape a través de la materia cruda. Puesta en práctica esta solución, tampoco ha dado un resultado satisfactorio. Para que no se queme la parrilla en la zona de cocción, la capa aislante de clinker situada encima misma de la parrilla, tiene que tener cierto espesor. Los gases calientes—transmiten sin resultado su

calor más efectivo a este clinker ya cocido. Además debe hacerse el calentamiento preliminar con sumo cuidado, para evitar la inflamación del combustible que se halla entre la materia cruda.

A parte de todo esto, dicho procedimiento tiene otra desventaja de importancia. En la cocción del cemento, la materia cruda primeramente es calcinada y luego clinkerizada, pero hay que tener en cuenta que en el punto de clinkerización, el cemento tiende a fundirse. Por este motivo, aumenta la resistencia que opone la materia a los gases que han de pasar a través de ella y muchas veces hasta tal punto, que impide el paso de los gases. Así no es posible terminar la cocción del cemento y el resultado es un clinker mal cocido. Según mis informaciones no hay ninguna instalación de esta clase en marcha continua, debido a los inconvenientes antes mencionados.

Una instalación parecida, pero con calefacción aparte, está representada en las figs. 2 y 3 (págs. 533 y 534). Es cierto que esta instalación sirve principalmente para la producción de cal. Claro está que con esta materia se produce muchas menos dificultades, pero no obstante se ha proyectado también en la misma, la fabricación de cemento. En este instalación se han previsto también en el lado de alimentación, varios depósitos, 21-22. El silo número 22 sirve para la alimentación de la parrilla, con una capa de protección de materia ya cocida, mientras que el depósito número 21 contiene la materia a cocer. La llama se produce en cámaras especiales nº 16 a ambos lados de la parrilla sin-fin y entra por los canales nº 18 a la cámara de cocción encima de la parrilla. Debajo de esta se hallan dispuestas varias cámaras de aspiración nº 10. La disposición de varias cámaras nº 10 tiene la ventaja de que la parte de cocción en si, es dividida en varias zonas. De esta forma las cantidades de gas que pasan por cada zona pueden ser reguladas a voluntad. El procedimiento también puede ser modificado de manera que, en las cámaras nº 16 no sea consumido el combustible, que se necesita para la cocción de la materia cruda, añadiendo entonces parte del mismo a dicha materia, en forma de carbón, lo que es de gran importancia, puesto que si la llama de los hogares laterales, sirve únicamente para el calentamiento de la materia, resulta que las capas superiores y la cocción de la materia que sale del horno no es uniforme. En cambio si la materia prima misma, ya contiene una parte del combustible, el calor ya absorbido por la capa superior puede ser substituido por el calor nuevo producido por el combustible que se halla en la materia prima, tal como se ha descrito ya en el procedimiento anterior. También se puede agregar una zona de calentamiento preliminar y una zona enfriadora. Sin embargo los inconvenientes del procedimiento anterior subsisten en estas variantes del mismo, por lo que resulta que dicho procedimiento no servirá para la cocción del cemento.

La dificultad mayor en la clinkerización del cemento, está en que el material tiene la tendencia de fundirse, en la zona de cocción. El problema fué resuelto por Lellep por medio de la parrilla transportadora en combinación con el horno rotatorio (D.R.P. 466.298). Lellep desistió de la clinkerización encima de la parrilla misma, llevando a cabo esta operación en el horno giratorio, el cual como se sabe se presta con éxito para este fin. El tratamiento es como sigue:

En la parrilla se verifica solamente el calentamiento preliminar y la calcinación de la materia prima. Despues de esto el material entra en un horno giratorio, en el cual se efectua la clinkerización. Como que en este horno tiene lugar solamente una parte del proceso de la cocción, es natural que este horno sea más corto que los corrientes. Los procesos que se desarrollan en este horno son detallados a continuación:

La disposición general está indicada en la fig. 4 (pág. 535). Según la patente se prepara en primer lugar la materia seca y pulverizada en forma de bolitas ó nódulos en un tambor instalado antes de la parrilla. Esto se logra añadiendo a la harina cruda, agua en forma de gotas, y por la rotación del tambor se forman nódulos relativamente uniformes, de tamaño desde el garbanzo hasta la avellana aproximadamente. Estos nódulos no tienen la resistencia de briquetas, pues fácilmente pueden ser aplastados con los dedos, pero su resistencia es suficiente para que no se estropeen aunque caigan de una altura de varios metros.

El objeto de la formación de nódulos para este procedimiento, de cocción es explicado más adelante. Ahora solamente una crítica de este proceso. La fabricación de briquetas de tamaño tan pequeño resultaría más cara en trenzas que en tambor de granulación y esta es la causa principal de la adopción del último, pero no cabe duda que la fabricación de briquetas tendría más ventajas. Así podría evitarse la rotura de la materia granulada con más seguridad y con la ventaja de que las briquetas tendrían un tamaño siempre igual. Esto es de suma importancia para la cocción uniforme, pero la práctica ha demostrado que los nódulos tienen aun bastante resistencia para garantizar la fabricación de cemento, de modo que la producción de briquetas parece poco ventajosa con relación al coste de fabricación.

Según la patente entran los nódulos en un depósito, del cual son llevados a la parrilla sin-fin transportadora, donde tiene lugar su secado y una parte de la calcinación. El calentamiento de la parrilla se efectúa por medio de los gases de escape del horno giratorio, que se halla a continuación de la misma. Los gases de escape llegan por la parte superior a la materia prima y son aspirados al través de ésta. Debajo de la parrilla se halla una cámara de aspiración que puede ser dividida en varias partes. Los orificios de la parrilla son de tal tamaño, que impiden el paso a los nódulos. Así queda demostrada la ventaja de la granulación de la materia prima, pues en el caso de una alimentación de la parrilla con materia cruda pulverizada (como es lo corriente en los hornos giratorios trabajando por vía seca) estas partes finas serían aspiradas a través de la parrilla. Pero como antes queda explicado, los nódulos tienen cierta resistencia, que tampoco pierden por el secado y la calcinación, evitándose así que pasen cantidades de importancia por la parrilla. Además resulta, que por el tamaño aproximadamente igual de todos los nódulos, la cocción es mucho más uniforme que en un horno giratorio corriente en el cual la materia prima en estado pulverizado, está en contacto con los gases del horno. La inmovilidad de la materia a cocer, encima de la parrilla, evita además que los nódulos se estropeen, lo cual sucede particularmente con facilidad durante el período de secado y al empezar la calcinación. Esta ventaja es evidente, sobre todo al comparar la inmovilidad de los nódulos encima de la parrilla, con el movimiento agitado de la materia a cocer en el horno giratorio. Más adelante ó sea en el período de la cocción verdadera los nódulos se ponen más resistentes, de modo que ya no hay peligro de que se estropeen en el horno giratorio.

Los gases de escape del horno giratorio, calientan tan intensamente las capas superiores de la materia prima, que resulta una calcinación completa. Atravesando los gases toda la materia, se enfrian poco a poco y tocan las barras de la parrilla a un temperatura máxima de  $550^{\circ}$  centígrados. Hay que tener en cuenta que esta temperatura se encuentra solamente en el último extremo de la parte de descarga de la parrilla y que los gases de escape que tocan a la misma (en las partes mas hacia el extremo de alimentación) tienen una temperatura mucho más baja, llegando hasta  $50^{\circ}$  a la entrada de la materia

prima. Por eso resulta que la temperatura no pasa por término medio de los 100°, de modo que no hay necesidad de prever una instalación de enfriamiento para la parrilla, puesto que ya no existe el peligro de que se quemen las barras de la misma.

Ya ha sido explicado antes que difícilmente se logra una cocción uniforme con la parrilla sin-fin y que sobre todo, con la llama producida desde fuera, las capas superiores de la materia prima son cocidas más intensamente que las capas inferiores, de todas maneras este inconveniente no tiene importancia en el caso que estamos tratando, puesto que se desiste voluntariamente, de la cocción completa de toda la materia que se halla encima de la parrilla, llevándola a cabo en el horno giratorio instalado a continuación y en el que se efectúa al mismo tiempo la clinkerización del material. El proceso de la clinkerización del cemento queda pues suprimido en la parrilla evitando así todas las dificultades que se producen si se verifica dicho proceso sobre la parrilla misma.

La longitud del horno giratorio es aproximadamente una tercera parte de la de los hornos corrientes, y la de la parrilla es más pequeña todavía, por lo que la longitud total de la instalación es muy reducida en comparación a un horno giratorio corriente de igual rendimiento. Es evidente que la colaboración de la parrilla, por lo que se refiere al trabajo total de la instalación es relativamente grande y por eso parece conveniente discutir el problema de si es favorable ejecutar una mayor parte del proceso total sobre la parrilla, de forma que se llevará a cabo sobre ella, la calcinación completa o cuando menos casi completa. Como que por las causas antes explicadas, no es posible verificar la clinkerización en la parrilla misma (aunque sea parcialmente) el tratamiento tendría que ser regulado en tal forma que las capas superiores fueran calentadas solamente hasta el final de la calcinación y en cambio las inferiores, tendrían que ser más calentadas que antes.

Esto se podría lograr muy fácilmente, alimentando la parrilla con una capa de materia prima de menor espesor, pero ello daría lugar al inconveniente de que los gases de escape saldrían con una temperatura más elevada, de modo que el efecto económico de la instalación misma, sería mas bajo. Se podría compensar este inconveniente, conduciendo los gases a una cámara de calentamiento preliminar y aspirándolos de nuevo a través de la materia prima, en lugar de dejarlos salir directamente a la chimenea. Sin embargo queda aún el inconveniente de que los gases llegan en contacto con la parrilla á una temperatura demasiado elevada, lo que haría necesaria una instalación especial de enfriamiento. De todo esto resultaría una instalación bastante complicada, de modo que con mucha razón se desiste de una calcinación, demasiado elevada en la parrilla misma, en favor de una longitud más grande, del horno giratorio instalado a continuación de la parrilla.

Otra misión que cumple la parrilla todavía, es la recuperación del polvo arrastrado por los gases aspirados del horno giratorio, los cuales se depositan sobre la materia que está encima de la parrilla, es decir que esta trabaja como un filtro. Para este fin también es de suma importancia, que la materia a cocer esté formada por nódulos, por cuyo motivo en la capa de materia prima, no existen partes pulverizadas, evitándose así el arrastre de polvo á través de los orificios de la parrilla. En efecto la práctica ha demostrado, que únicamente gases de escape libres de polvo llegan a la chimenea. Esta particularidad de la materia es perfectamente explicable, ya que desde hace tiempo vienen empleándose con éxito dispositivos semejantes en instalaciones de recuperación de polvo. En el caso que estamos tratando, la instalación de recuperación se halla instalada hasta cierto punto en el horno mismo, por cuyo motivo queda

suprimido el dispositivo especial, destinado a recojer el polvo de los gases de escape.

El horno giratorio y el enfriador no ofrecen nada de particular. La longitud del horno giratorio es algo más larga que la zona de clinkerización de los hornos corrientes y el efecto del enfriador es exactamente igual al de los sistemas conocidos.

Lo que hay que discutir todavía, es la calidad del producto de este horno. La condición imprescindible para obtener una buena calidad es en primer lugar una calcinación y clinkerización uniforme. Esta última tiene lugar como de costumbre, por el sistema tan acreditado de los hornos giratorios, por cuyo motivo no hay que esperar ninguna diferencia en el buen resultado de la misma. La calcinación tiene lugar parcialmente sobre la parrilla sin-fin, pero de todas maneras resulta que la parte superior de la materia, queda más cocida que la restante. Entonces toda la materia entra en el horno giratorio en el que se puede completar la calcinación de todas aquellas partes que habían quedado poco calcinadas sobre la parrilla. De momento parece dudoso si ese procedimiento tiene ó no inconvenientes para una cocción uniforme. Dicha particularidad, no creo que tenga una influencia de consideración, puesto que en los hornos giratorios corrientes también sucede a veces, que una parte de la materia escurriendo rápidamente desde el extremo de alimentación, hacia el centro del horno da lugar, a que en este punto quede mezclada la materia en partes unas más calcinadas que otras, sin que por ello se hayan podido observar variaciones apreciables en la calidad del producto. De todas maneras, la parrilla sin-fin tiene la ventaja sobre el horno giratorio de que la materia, que pasa por el horno conserva su tamaño, hasta la salida del mismo siendo condición esencial para la cocción uniforme un tamaño de materia siempre igual. Los ensayos de resistencia con el cemento cocido por este procedimiento, han dado como resultado, que la calidad es igual a la del cemento del horno giratorio corriente. La resistencia a la compresión es la misma, en cambio a la tracción es algo más elevada.

Como terminación de este artículo, voy a dar algunos resultados de los ensayos obtenidos en la primera instalación importante de este sistema, que fué en la fábrica de cemento Portland de Ruedersdorf, de Guthmann & Jeserich, Kalkberge i. Mark. Para la instalación se aprovechó un antiguo horno giratorio que estaba fuera de servicio y además el enfriador era demasiado pequeño visto lo cual en instalaciones nuevas, pueden esperarse resultados todavía más ventajosos. El carbón empleado tenía una potencia calorífica de 6450 calorías aprox.—y 12,5% de cenizas por término medio. La harina cruda tenía 76,5% de  $\text{CaCO}_3$  y 13,5% de humedad. La cantidad de aire exesiva oscilaba entre 1,05 y 1,1% por término medio de la teórica. El consumo de calor era de 1045 calorías/Kg. de clinker por término medio. La temperatura de los gases saliendo del horno era de 900 a 950° encima de la parrilla, y detrás de los aspiradores era de 105-110°. El tiro artificial debajo de la parrilla era según el rendimiento del horno de 180-250 m/m. columna de agua. La cifra de 180 m/m. se refiere a un rendimiento normal. Además resultó, por los cálculos que se hicieron que un 28% aprox.—del ácido carbónico de la materia cruda fué expulsado encima de la parrilla y que el resto de la calcinación tuvo lugar en el horno giratorio.

Las ventajas principales del sistema Lellep están pues resumidas a continuación: Se produce un clinker de horno giratorio con un consumo de combustible bastante menor que en el horno giratorio corrientes incluso menor que el del horno vertical. Al mismo tiempo se consigue una recuperación total del polvo de los gases de escape y a pesar de todo la extensión de la instalación es más reducida que la del horno giratorio corriente.

## Estudio comparativo de la industria del cemento en los Estados Unidos de America, Canadá, y el Reino Unido.—V.

por HAL GUTTERIDGE.

La presencia de materia arcillosa en los materiales que van a la trituradora a veces da lugar a dificultades y con materiales de esta índole tienen que tomarse precauciones especiales. Así por ejemplo en una fábrica de la Florida donde las primeras materias se presentan en forma de masas redondeadas de caliza bastante dura alojadas o incrustadas en una masa de *arcilla caliza* se resolvió recurrir al lavado de la piedra caliza, recoger el fango calizo y el agua en un concentrador Dorr y agregar el barro espeso así obtenido al material que va a los molinos de crudo. En esta fábrica la caliza es triturada en una machacadora de rodillo único de 914 mm. por 1524 mm. y el producto es clasificado en una criba giratoria que separa al tamaño de unos 5 cm. Los trozos mayores de este tamaño caen directamente en un molino de martillos estudiado especialmente para machacar materiales pegajosos. Su característica más notable es una placa trituradora semejante a una cadena aplanada y ancha que marcha lentamente y se desembaraza así del material que pueda irsele adhiriendo. La fig. 9 (pág. 419) representa un molino de martillos Fraser & Chalmers.

El material que va a la trituradora secundaria, tanto si va directamente desde la trituradora primaria como si va indirectamente pasando por el separador es conducido por alimentadores que en el primer caso suelen ser de planchas o de delantal, especialmente cuando no existe ningún dispositivo alimentador para el triturador primario. En otra fábrica que emplea una greda arcillosa dura, el molino de martillos está equipado con planchas trituradoras móviles que evitan que el material, cuando está mojado, se pegue a la máquina. La plancha móvil viene a ser algo parecido a un transportador de placas. Los eslabones o planchas son de acero al maganeso muy duro, y la plancha se mueve lentamente hacia arriba, accionada independientemente del eje de los martillos, por medio de un motor de 5 C.V. La fig. 10 (pág. 420) representa un molino de martillos tipo F. L. Smidh & Co.

Una machacadora inglesa de modelo muy interesante es la trituradora secundaria Hadfield de discos, representada en la fig. 11 (pág. 421); en ella la trituración se realiza entre dos discos cóncavos de acero al manganeso colocados con sus concavidades frente a frente. El disco exterior tiene un orificio en su centro, a través del cual es introducido el material a triturar por medio de una tolva alimentadora que lo hace pasar al espacio intermedio entre los dos discos. El disco exterior va fijo con pernos a una fuerte platina que forma parte del eje hueco apoyado en dos cojinetes principales los cuales a su vez forman parte integrante del bastidor de la trituradora. Este eje hueco se hace girar por medio de una polea situada entre los cojinetes del bastidor. El disco triturador interior va montado en una pieza de fundición con un cojinete de rótula en su parte posterior, que a su vez está montado en un eje cónico que pasa por el interior del eje hueco. El eje cónico se prolonga algo más que el eje hueco y pasa luego por la giba de una polea excéntrica que gira independientemente dentro de un cojinete que hay en prolongación del bastidor principal. La polea excéntrica no obliga a girar al eje interior debido a que no está fija a él pero en cambio hace que el movimiento de rotación del

disco interior se componga con un rápido movimiento de oscilación a uno y otro lado de la posición media del otro disco. La polea excéntrica gira en dirección opuesta a la de la polea fija en el eje hueco con objeto de aumentar la acción trituradora en un determinado periodo de tiempo. Los dos discos trituradores giran en la misma dirección y a la misma velocidad, girando el exterior en un plano vertical mientras que el interior se halla sometido a una serie de ondulaciones que producen tres o cuatro carreras trituradoras por cada revolución del disco. Las caras de los discos no rozan entre sí y por consiguiente su desgaste es relativamente reducido.

*Control del local de trituradoras.*—En los tres países se ha prestado ultimamente mucha atención a la centralización del control de toda la maquinaria del local de trituración. En los Estados Unidos en una fábrica del Texas recien construída, todos los mecanismos de control se hallan centralizados en un solo cuadro o tablero. El volcador de vagones, el desplazamiento de éstos, las planchas trituradoras, el alimentador de placas, y la trituradora tienen sus mandos y controles reunidos en una posición central y son operados por un solo hombre. Constituye una característica especial de esta clase de control la alimentación de la trituradora, regulada con un amperímetro montado sobre el motor de la trituradora y que indica cuando hay sobrecarga. Cuando esto ocurre se detiene el alimentador de planchas o bien se reduce su velocidad hasta que la sobrecarga ha desaparecido.

En una instalación moderna en el Oxfordshire, que trabaja con un crudo compuesto de caliza y arcilla se vigilan y mandan desde un solo puesto las siguientes operaciones: (1) Conducción de las vagonetas de primeras materias hasta el punto o posición precisa en que tengan que ser volcadas; (2) Volcado de las vagonetas y retorno a su posición normal; (3) Puesta en marcha del alimentador inclinado que conduce las primeras materias desde la tolva de recepción hasta la trituradora; (4) Puesta en marcha de dos motorcitos que por medio de un mecanismo transversal desplazan las correas del motor principal de la trituradora desde la polea loca a la polea fija con lo cual se pone en marcha dicha trituradora; (5) Puesta en marcha del elevador que recoge el producto triturado y lo lleva a los silos situados mas arriba.

El progreso de esta centralización de mandos tiende a que en el porvenir se haga de modo completamente automático. Así por ejemplo basta un pequeño paso para hacer que el amperímetro que indica la sobrecarga de la trituradora y señala cuando hay que parar o reducir la marcha del alimentador se convierta en un verdadero mando automático que por un procedimiento eléctrico cualquiera efectúe directamente tales operaciones. El indicador o aguja del amperímetro puede disponerse de manera que trabaje entre dos topes previamente establecidos correspondientes, uno a la sobrecarga y otro a las cargas inferiores a la normal. Cuando se efectúe en tal caso el contacto con el tope de la sobrecarga el alimentador deberá quedar desconectado de su circuito eléctrico alimentador del embrague magnético (con lo cual se parará), o bien del de su motor eléctrico (con lo que se conseguirá igual efecto). Una vez aliviada o desaparecida la sobrecarga y vuelta la manecilla indicadora a su posición anterior de carga inferior a la normal, la corriente será de nuevo conectada automáticamente y el alimentador volverá a entrar en funciones. Desde luego convendría en tal caso intercalar un amortiguador en el amperímetro para suavizar las fluctuaciones momentáneas demasiado fuertes de la carga de manera que por una falsa sobrecarga no tenga que ponerse en acción el control automático.

### Almacenaje de primeras materias.

*Materias duras.*—El almacenaje de primeras materias está casi siempre previsto en un punto en que tales materias han sido ya reducidas a un tamaño máximo de 25 mm.

Si el proceso adoptado es el de "vía húmeda," la cuestión de la desecación de los materiales no existe; en cambio si se trata de la "vía seca," los materiales son desecados después de su salida del depósito de almacenaje cuando son llevados desde allí a los molinos de crudo.

En una fábrica de los Estados Unidos de Norteamérica, donde se emplea un 60% de caliza y un 40% de escorias, y se producen unas 212.000 toneladas de cemento anuales, el depósito para las primeras materias, el yeso y el clinker, tiene 161 m. de largo por 24,40 m. de anchura y por 6,10 m. de altura de sus paredes. Las primeras materias, el yeso, y parte del clinker están bajo cubierto; el resto del clinker, al descubierto. Hay capacidad suficiente para almacenar 3000 toneladas de piedra caliza, 4500 toneladas de escorias y 17.000 toneladas de clinker, destinándose al yeso un espacio de 7,25 m. por 25 m.

*Tanto por ciento de agua en las primeras materias.*—Cuando se emplea el método de vía seca, es importante proteger de las lluvias las primeras materias durante su extracción en la cantera, su transporte y su conservación en el depósito o almacén, ya que en la mayor parte de los casos si los materiales se hallaran expuestos a las inclemencias del tiempo absorberían cantidades apreciables de agua que luego tendrían que ser desalojadas en los secaderos. Con la "vía húmeda" tal exposición a la intemperie no merece ser tenida seriamente en consideración, excepto cuando se trate de materiales de carácter arcilloso que pueden tener tendencia a pegarse por las paredes de la machacadora o del molino de martillos si luego tienen que sufrir trituración.

El tanto por ciento de agua en las primeras materias depende completamente de su índole, correspondiendo generalmente el mínimo a las calizas duras exentas de materia arcillosa, y el máximo a las arcillas. El tanto por ciento de agua en las calizas duras puede oscilar entre el  $\frac{1}{2}$  y el 3 por ciento, por lo que estos materiales, cuando se trata de vía seca y en casos especiales en que se hallan adecuadamente resguardados de los agentes atmosféricos durante su manipulación, pueden ser enviados a los molinos sin desecación previa. Las calizas blandas gredosas, pueden contener una proporción de agua que llegue al 5 por ciento en la época del verano, aumentando hasta el 15 por ciento en invierno en muchos casos, durante períodos lluviosos. Las gredas pueden contener un tanto por ciento de agua que se eleva hasta el 15, y absorben un 10 por ciento adicional si se hallan expuestas algún tiempo a la lluvia. Las arcillas además de un 15 o 20 por ciento de agua retenida en ellas higroscópica o mecánicamente, contienen un apreciable tanto por ciento de agua químicamente combinada que solo puede ser desalojada a una temperatura correspondiente a la del rojo sombra.

Como sucede que en los Estados Unidos de Norteamérica la mayor parte de las primeras materias (y todas ellas en el Canadá), son duras, contra lo que ocurre en el Reino Unido donde la mayoría son materiales blandos, la cuestión del tanto por ciento de agua en dichas materias ha tenido importante influencia en la elección del método de tratamiento y de la instalación y esto en gran medida, habida cuenta de la gran diferencia en los tratamientos e instalaciones que se observan en los tres países.

*Preparación de los materiales blandos.*—Las gredas, margas y arcillas pueden generalmente ser reducidas al estado conveniente para su cocción mediante su tratamiento en molinos desleidores. En algunos casos es necesario agregar una "trituradora" que reduzca los materiales a un tamaño

máximo de unos 10 cm. y en algunos casos cuando la greda es muy dura se necesita un molino de martillos a modo de primera trituradora, a continuación de la cual se disponen los molinos de crudo. Como ejemplo, puede citarse una instalación de esta clase en una nueva fábrica en Texas (Estados Unidos) en la que las primeras materias consisten en una greda arcillosa de consistencia variable desde la de tierra blanda hasta la de material sólido y duro.

En el Reino Unido la práctica general seguida con los materiales blandos consiste en llevar la greda o marga directamente al molino desleidor junto con la arcilla. La arcilla es introducida en forma sólida simultáneamente con el agua necesaria o bien en forma de pasta. En el último caso, como la arcilla generalmente debe ser impulsada por medio de bombas suele llevar consigo hasta un 70% de agua, de manera que la cantidad de agua que hay que agregar a la greda y arcilla en el molino desleidor es escasa. La greda y la arcilla pueden también ser desleidas en molinos separados, reuniéndose después en tanques de mezcla. Cuando en la greda se encuentran guijarros, estos acostumbran a ser separados en los molinos desleidores, a cuyo fin el fondo de cada molino desleidor tiene una compuerta, que enrasta con dicho fondo y por la cual pueden ser descargados los guijarros de tiempo en tiempo y cuando se deseé.

Se ha comprobado que los guijarros tienen un efecto beneficioso para la mas rápida trituración de la greda en el molino desleidor, si bien se aumentan también el desgaste y el deterioro de las rastras así como la fuerza consumida.

Cuando en el molino desleidor se han acumulado ya demasiados guijarros para que su funcionamiento se realice en buenas condiciones, se vacía el molino con la bomba mientras se mantienen en movimiento lento las rastras; los guijarros van cayendo a través de la abertura del fondo y pasan a un elevador que los devuelve a la superficie donde los reciben los vagones o vagonetillas.

Los separadores empleados en el Reino Unido para separar de la pasta los fragmentos de tamaño excesivo suelen ser del tipo de separadores centrífugos. En una de estas máquinas hay un eje vertical en el que va montada una estrella de brazos huecos con una placa perforada a través de la cual entra la pasta; unida con pernos a la estrella hay una placa horizontal golpeadora que lleva unas aletas de acero fundido y unos mazos de acero duro. Este órgano gira dentro de una cavidad o caja de hierro fundido y por efecto de la fuerza centrífuga lanza la pasta hacia una serie de tamices situados todo alrededor en la periferia de dicha caja. La pasta fina es obligada a pasar por esos tamices en tanto que las partículas o fragmentos rechazados por los mismos caen al exterior pasando por una abertura especial de la caja y son devueltos al molino desleidor para su ulterior trituración. Este separador gira a razón de unas 140 revoluciones por minuto y da un producto que viene a dejar un residuo de un 5% sobre el tamiz de 4900 mallas por  $\text{cm}^2$ .

Dos de los tipos de separadores que se emplean en el Reino Unido son los de Edgar Allen y el Trix, fabricado este último por la casa F. L. Smith & Co., Ltd.

*Mezcla, dosificación y peso.*—En la fig. 12 (pág. 538) se representa un tipo o modelo mas perfeccionado de la máquina usual de transportador de cinta para dosificar y pesar. En forma resumida, la máquina (construida por la Richardson Scale Co., de los Estados Unidos) consta de una correa alimentadora o transportador de cinta para materias frías, o un delantal de acero para materias calientes. Este transportador descarga sobre otro transportador, que con su motor de accionamiento está suspendido de un sistema de palancas de báscula. El transportador pesador contiene la carga a pesar pero está constantemente en marcha. Durante su funcionamiento la báscula está en juego y el alimentador

sigue marchando hasta haber descargado dicha cantidad; después, la subida del brazo o palanca de la báscula al subir hace funcionar un interruptor de mercurio que corta la corriente del motor y detiene la alimentación.

El transportador pesador, sin embargo, continua marchando para descargar su contenido que ha sido ya registrado por un contador, permitiendo luego que el brazo de la báscula vuelva a poner en juego el interruptor y a poner en marcha el alimentador para la próxima pesada. Cuando conviene dosificar, las básculas se disponen de manera que puedan mezclarse sobre la descarga. Se ha introducido un nuevo perfeccionamiento destinado a procurar que siempre haya alimentación suficiente, estando unidas a la máquina las pequeñas tolvas alimentadoras, y hallándose todo el conjunto de modo que pueda oscilar ligeramente. Cuando el material que llega de la alimentación desciende de un cierto límite en la pequeña tolva, todo el aparato bascula hasta un determinado tope con lo cual corta la corriente de la máquina que permanece parada hasta tanto que ha llegado material suficiente a la tolva para hacerla bascular de nuevo hacia atrás y vuelven a cerrarse los interruptores y a circular la corriente. En los Estados Unidos de Norteamérica se emplea otro aparato mezclador y alimentador en el que hay una máquina que recibe el suministro de las primeras materias que llegan por su propio peso procedentes de un cierto número de silos por tubos de conexión. La proporción que llega por cada tubo es regulable, la velocidad de la máquina es también susceptible de variación. La fig. 13 (v. pág. 539) representa un mezclador alimentador de este tipo construido por la Bethlehem Foundry & Machine Co.

La fig. 14 (v. pág. 540) es una máquina de pesar construida por la casa inglesa W. & T. Avery, Ltd.

En el Reino Unido, para la mezcla y dosificación de materiales en seco lo mas usado es el alimentador de mesa. Esta máquina consta de una mesa o plataforma horizontal que gira a pequeña velocidad teniendo abierto verticalmente sobre su centro un tubo de alimentación. La distancia desde la boca inferior del tubo a la mesa es graduable por medio de un collarín rozante de manera que el régimen de la alimentación puede ser convenientemente regulado. El material que gira, depositado sobre la plataforma es desviado por una paleta o rascador fijo. La alimentación de material procedente de cada uno de los silos va a una mesa giratoria diferente y desde ella es dirigida a un tubo común o transportador de mezcla según convenga para la disposición de las instalaciones en la sección.

Los modernos molinos de crudo son actualmente en casi todos los países del tipo de molinos "combinados," o sea formados por la combinación de un molino de bolas y de un refino tubular, con tres y aun mas departamentos. De paso podemos decir que en materia de accionamiento o trasmisión de la energía a los molinos, la tendencia es a emplear el sistema de accionamiento central, esto es, una trasmisión por medio de un reductor de engranajes, que ataca directamente el eje del molino, en contraposición con los sistemas periféricos de piñón y corona dentada.

La cantidad total de agua en la pasta oscila generalmente entre el 30 y el 43%. Pueden citarse ejemplos de mezclas de gredas y arcillas con 40% de agua, en el Reino Unido, de una mezcla de caliza y pizarra en los Estados Unidos con 30% de agua, y en Lehigh una piedra de cemento con 33% de agua. Cuando los molinos desleidores, sea de marga, sea de arcilla, se hallan algo alejados de la fábrica, la cantidad de agua tiene que elevarse considerablemente. En un caso concreto (en el Reino Unido), en que la pasta gredosa tenía que ser enviada por medio de bombas a una distancia de mas de tres

kilómetros, la dosis de agua tuvo que ser elevada hasta alcanzar proporciones del 60 al 70% para ser deshidratada luego en la fábrica hasta dejarla con la dosis conveniente de agua.

#### Amasado final.

En los Estados Unidos se suele usar la bomba centrífuga para la impulsión de la pasta, pero también se emplea la bomba de aire. En el Reino Unido se halla mas generalmente adoptada la bomba de émbolo zambullidor, y rara vez se ve una bomba centrífuga para el servicio de la pasta. Entre las bombas centrífugas, una de las mas usadas es la bomba Wifley. Esta bomba tiene la ventaja de que no requiere caja prensa-estopas, tal como ocurre con las bombas centrífugas ordinarias en las que es indispensable tal accesorio para evitar que el material líquido rezume por el orificio por donde pasa el eje a través de su caja. Lleva en cambio un cierre hermético centrífugo consistente en un miembro u órgano rotatorio denominado "expulsor" dotado de unas aletas que radian de una entalladura central hacia la periferia y un órgano estacionario que tiene una ranura de proyección. El elemento rotatorio está fundido en una sola pieza con el rotor y está ajustado muy inmediato al elemento fijo que hace las veces de placa lateral de apoyo. Al funcionar, lo que impide que la pasta se escape es el efecto de la fuerza centrífuga de las aletas del expulsor, y la pasta que se escurre es recogida por la ranura de proyección y entregada a las aletas. Una válvula de control, cierra y obtura la salida en torno del eje cuando este se halla inmóvil. La bomba centrífuga ha sido empleada con buen resultado en los Estados Unidos de Norteamérica desde hace ya un número considerable de años, y es difícil de apreciar por qué sus indudables ventajas sobre la bomba de émbolo zambullidor, en materia de economía de espacio ocupado y en el suministro de un chorro continuo de pasta no intermitente o pulsatorio, no han sido tenidas en cuenta en el Reino Unido.

La bomba automática de elevación por aire, para pasta consta generalmente de dos recipientes montados uno al lado del otro, en los que la pasta entra por su propio peso a través de una válvula irreversible. Cada recipiente va provisto de un flotador que acciona una válvula de entrada de aire. Al entrar la pasta y llenar el depósito eleva el flotador y cuando el recipiente está lleno dicho flotador abre la válvula de aire que permite que el aire comprimido pase a dicho recipiente y obligue a la pasta a salir hacia el punto deseado. Hay un modelo que lleva un dispositivo eléctrico automático que permite que uno de los recipientes se llene en tanto que el otro se vacía.

Es sabido que en el Reino Unido los tanques de corrección se suelen instalar por series de tres, de manera que simultáneamente, mientras uno de esos grandes recipientes se está llenando, otro se vacía, y el tercero se está corrigiendo. La pasta es agitada continuamente por la rotación de brazos mecánicos o por medio del aire comprimido y aun por la combinación de ambos medios.

En una instalación de los Estados Unidos el equipo de amasado de la pasta consiste en ocho silos de hormigón de fondo cónico de 8,50 m. por 12 m. La agitación se efectúa en la pasta por medio del aire comprimido que llega por unos tubos hasta el fondo o parte baja de los conos. En cada silo entran tres tuberías enlazadas de tal manera que la pasta puede ser desviada de uno a otro silo sea por la acción de su mismo peso sea por la de una segunda bomba de pasta. Desde estos tanques la pasta pasa por su propio peso a los recipientes mezcladores de pasta "Dorr."

Suele acontecer que al correr la pasta por tuberías da origen a averías y perturbaciones en las válvulas y llaves. En muchas tuberías las válvulas no tienen que moverse en largos períodos, y aun en aquellos casos en que las válvulas funcionan con frecuencia los cuerpos extraños que arrastra la pasta se introducen entre sus asientos y las atascan.

Esto puede obligar a desmontar con frecuencia la válvula con la consiguiente pérdida de tiempo y retraso.

Para solucionar esta causa de perturbaciones, se ha estudiado una válvula especial engrasada que ha estado en uso en varias fábricas durante muchos años. En esta válvula, que es del tipo de llave afinada hay un orificio cónico, que lleva una válvula de comprobación en el vástago de la llave, que luego continúa desde ésta por un conducto hasta el exterior del macho de la llave y que comunica con dos ranuras, una en cada lado de dicho macho y que terminan en una cavidad en el fondo del mismo. Como la llave en cuestión está dispuesta de manera que únicamente tiene que girar un cuarto de vuelta, las ranuras antes citadas no llegan nunca a quedar expuestas a la acción directa del líquido que circula por la tubería. Durante el funcionamiento, el lubricante, en forma de una barrita, es introducido en el cuello del macho, y siendo luego forzado por la presión del tornillo, dicha presión se transmite por las ranuras o canalículos hasta la cavidad de la base de la llave. Esto da por resultado la elevación del macho de la llave y la obtención de una película de lubricante entre las superficies de trabajo de la llave.

Si la válvula ofrece resistencia al movimiento, se da una ligera rotación al tornillo engrasador que forzando la presión proporciona el lubricante necesario a toda la superficie rozante. En los Estados Unidos de Norteamérica, esta válvula es denominada válvula "Nordstrom" y en el Reino Unido, válvula "Andco."

Existe diferencia entre los métodos de amasado y conservación de la pasta en los Estados Unidos y en el Reino Unido. En el primero de dichos países, el aparato mezclador, casi invariablemente toma la forma de un agitador de puente móvil, y en el Reino Unido es general en cambio el uso del mezclador planetario.

El mezclador de puente móvil tiene un recipiente rectangular de 10,50 m. de ancho, por 6 m. de profundidad y 30 m. de longitud, construido de hormigón armado. Sobre las aristas superiores de las paredes laterales van fijos unos carriles sobre los cuales el puente móvil corre lentamente y de manera continua de un extremo a otro, alternativamente. En el puente van montados unos ejes verticales, generalmente en número de tres, a los cuales van fijas unas paletas que revuelven la pasta en su movimiento de rotación; paralelamente y junto a cada uno de esos ejes hay unas tuberías de aire comprimido que bajan hasta el fondo del recipiente y descargan aire comprimido a baja presión, que contribuye a remover la pasta. El sistema para el enlace con la canalización del aire comprimido es ingenioso: las tuberías distribuidoras del aire describen un círculo de unos 30 cms. de radio, y tienen que ir enlazadas con los tubos alimentadores. Ordinariamente la solución adoptada es la de hacer un orificio en el centro de los ejes verticales hasta un punto situado por debajo de la corona desviando luego este orificio hacia el costado del eje y conectándolo con el tubo vertical de aire.

Del lado de la alimentación sale una boquilla con la que puede conectarse el tubo principal de llegada. Para el suministro de la energía destinada a

mover un aparato de índole parecida, como viene a ser una grúa puente, se ha acostumbrado a montar unas líneas eléctricas descubiertas por las que podían correr unos contactos móviles de toma de corriente. Este método, en el caso de la grúa-puente no suele ser peligroso por la altura a que se encuentra la grúa; en cambio en el caso de tratarse de un mezclador de puente móvil al nivel del suelo los cables desnudos representarían un peligro constante para el personal que allí trabajara. Para solucionar este punto se ha montado en las instalaciones de puentes mezcladores un interesante dispositivo constituido por un tambor, generalmente de unos 90 cms. de diámetro por metro y medio de longitud, que puede moverse en todas direcciones girando sobre un eje horizontal. Este tambor va por la parte lateral del tanque y a cierta altura y en él se arrolla y desarrolla el cable de alimentación protegido con caucho y bien aislado. En la fig. 17 (v. pág. 543) se ve una amasadora de este tipo, de la casa F. L. Smith & Co.

La mezcladora planetaria está formada por un recipiente de unos 20 metros de diámetro por unos 3,60 m. de profundidad con un pilar de unos 150 cms. de diámetro en el centro y de la misma altura que las paredes laterales. Sobre dicho pilar va montada una jácena rotatoria o doble brazo de celosía que lleva los agitadores, en número de dos a cada lado del pilar; el conjunto gira a la velocidad de una vuelta cada dos minutos.

Hay en el Reino Unido desde hace poco tiempo, un tipo perfeccionado de mezclador de pasta por agitación con aire comprimido que reviste la forma de un recipiente circular en el que puede girar un brazo o jácena de celosía metálica que tiene su eje en el centro del recipiente, y su extremo apoyado en el perímetro del mismo. Sobre este brazo van montados varios tubos verticales por los que llega aire comprimido y que se prolongan hasta casi el fondo del depósito; allí tiene sus extremos inferiores incurvados hacia atrás. Este dispositivo es muy ligero y solo absorbe unos 6 C.V. para un depósito que contenga unas 750 toneladas de pasta. La presión del aire que se emplea es de unos 0,7 kg. p. cm<sup>2</sup>.

Este tipo de mezclador de pasta por medio del aire comprimido, construido por la casa Ernest Newell & Co., Ltd., es el que se representa en la fig. 18 (v. pág. 544).

(Continuará.)

## Revista Bibliográfica

**Índice internacional de direcciones de las industrias del cemento de la cal y del yeso.** (Adressbuch der Zement-, Kalk-, und Gipsindustrie). Editado por la Verlag "Der Bau-Kurier" Berlin-Charlottenburg. Precio 15 RM.

Este manual ha sido considerablemente reformado respecto de la edición de 1925. Contiene datos relativos a la organización de las industrias respectivas, incluso las correspondientes a las Asociaciones de ventas.

Respecto de las empresas alemanas productoras de cemento, contiene detalladas informaciones de cada compañía por separado. Figura también en él una completa lista de las fábricas de cemento de todo el mundo, así como una detallada lista de las fábricas alemanas de cal y yeso.

## El polvo de cemento y la vegetación.

La nota siguiente, de Mr. A. J. R. Curtis (de la American Portland Cement Association) recientemente publicada en la revista "Rock Products," ofrece interés desde el punto de vista de las afirmaciones tantas veces puestas de manifiesto de que el polvo procedente de las fábricas de cemento es perjudicial para la vegetación:

Algunas veces el hecho de haber montado una fábrica de cemento en un territorio que de sí reúne ya malas condiciones agrícolas ha dado origen a la errónea creencia de que es la fábrica la que causa tan desfavorable situación; por otra parte son muchas las fábricas que se hallan emplazadas en medio de zonas agrícolas de gran fertilidad. Gran parte del temor de que el polvo procedente de una fábrica de cemento pueda ser nocivo nace probablemente de no comprenderse bien la naturaleza de ese polvo y la cantidad en que ordinariamente es difundido.

En el proceso de fabricación del cemento se emplean materias calizas y arcillosas como primeras materias para la alimentación de los hornos. En la mezcla predomina notablemente la caliza, en dosis que varían según la composición de la piedra. Cuando la mezcla cruda de estas primeras materias finamente divididas es inyectada en el horno una porción muy pequeña de ellas es arrastrada hacia la chimenea antes de haber podido alcanzar la zona de calcinación del horno. Una vez ya en la chimenea o en los conductos de humos su marcha hacia la atmósfera es entorpecida generalmente por medio de instalaciones eléctricas o de otra clase de manera que solo una pequeñísima parte del polvo que escapa del horno puede salir libremente a la atmósfera. Aun en dosis sumamente pequeñas, esas partículas son muy visibles cuando flotan en el aire, lo mismo que sucede con el humo del tabaco.

Es interesante examinar los análisis del polvo recogido en torno de las trituradoras y al pie de las chimeneas. Resulta bien manifiesto que contiene poco o nada de cemento acabado. Los principales elementos hallados son óxido cálcico, dióxido de carbono, silice y en cantidades menores, óxidos de hierro, de aluminio y de magnesio. En una scrupulosa investigación de polvos llevada a cabo hace pocos años por el Servicio de Higiene Pública de los Estados Unidos, en el polvo recogido en la cámara de la machacadora de una fábrica de cemento se registró el análisis siguiente:

	%
Silice ( $\text{SiO}_2$ ) ... ... ... ... ... ... ... 15,70	
Óxidos de hierro y aluminio ... ... ... ... ... ... ... 6,20	
Cal (óxido cálcico) ... ... ... ... ... ... ... 41,93	
Óxido magnésico ... ... ... ... ... ... ... 2,64	
Dióxido de carbono, agua y otras materias orgánicas ... ... ... ... ... ... ... 33,45	
Total ... ... ... ... ... ... ... 99,92	

Las deducciones mas interesantes que de este análisis pueden hacerse son las que resultan de su comparación con el análisis siguiente que corresponde a un abono cálcico de buena clase para la agricultura, suministrado por la National Fertilizer Association como típico en su clase:

							%
Silice ( $SiO_2$ )	...	...	...	...	...	...	7,41
Óxido de aluminio	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	2,89
Óxido de hierro	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	18,17
Óxido magnésico	...	...	...	...	...	...	28,29
Cal (óxido cálcico)	...	...	...	...	...	...	1,20
Otros óxidos	...	...	...	...	...	...	42,14
Dióxido de carbono	41,57	41,57	41,57	41,57	41,57	41,57	100,10
Agua	...	0,57	...	...	...	...	
Total	...	...	...	...	...	...	

Si bien puede decirse que como no sea por verdadera casualidad no se encuentran dos muestras cuyos análisis sean bien idénticos, ni de polvo, ni de abono, los análisis que dejamos transcritos pueden considerarse como típicos. Las muestras de polvo recogidas a cierta distancia de la fábrica pueden contener menor proporción de sílice si como se suele admitir generalmente, este componente forma las partículas mayores y de mas peso que pasan a la chimenea.

Se observará que en un abono cálcico comercial de primera calidad los óxidos cálcico y magnésico combinados constituyen el 46,56% del total, en tanto que en el polvo lanzado por las chimeneas contiene un 44,57% de esos valiosos elementos fertilizantes; en el abono calizo el dióxido de carbono y el agua suman 42,14% y en el polvo arrojado por las chimeneas el 33,45%. Aunque los dos análisis precedentes difieren considerablemente en las proporciones de sílice, el posible exceso de sílice del polvo es mecánicamente ventajoso para la tierra y no puede ejercer acción dañosa alguna sobre los vegetales dado se trata de una substancia completamente inerte.

Estos análisis demuestran con toda claridad la índole valiosa del polvo de las fábricas de cemento como abono mineral para las tierras; si alguna diferencia existe es en favor del polvo de fábricas de cemento que se halla subdividido a finura mucho mayor, mientras que los abonos por su gránulo mas grueso no son tan directamente aprovechables. Debe recordarse que la sistemática calcificación del terreno es ventajosa para toda clase de cosechas agrícolas efectuándose a veces a costa de fuertes gastos.

Se ha planteado también el problema de saber en algunas ocasiones si podrá ser perjudicial para las plantas la acumulación de polvo sobre sus hojas. Puede darse una contestación práctica examinando el trigo y otras plantas que crecen cerca de carreteras y suelen estar siempre muy cubiertas de polvo. Tales plantas suelen ser de igual fuerza que las plantas similares alejadas de la carretera y acostumbran a florecer de la misma manera. La razón técnica de esto, consiste en que las plantas son indiferentes a las acumulaciones de polvo depositado sobre la superficie de sus hojas que se halla vuelta hacia arriba y que tiene solo por misión la de servir de escudo protector de las células respiratorias que se hallan en su superficie inferior.

En cuanto a la eventualidad de que el polvo de cemento reaccione con la humedad sobre la superficie de las hojas y pueda de este modo dañar mecánicamente a la planta, el Profesor R. Ewert, químico alemán, autor del único estudio escrupuloso que conocemos sobre este asunto, asegura que sus experiencias llevadas a cabo en las inmediaciones de fábricas alemanas de cemento están totalmente en contradicción con aquella teoría. Son interesantes las experiencias llevadas a cabo por el profesor Ewert en las que diversas plantas de jardín fueron artificialmente tratadas con polvo de cemento en una instalación experimental de Alta Silesia. Las plantas eran empolvadas con la frecuencia necesaria para que todas las hojas nuevamente formados quedasen enseguida cubiertas. Refiere lo que sigue con relación a sus experimentos de 1916 y 1917:

"Las plantas tratadas por el polvo de cemento y por otras clases de polvo, en 1916, dieron sin excepción excelentes resultados en sus frutos; lo mismo puede decirse como término medio respecto de las experiencias de 1917. Únicamente los cohombros tratados con polvo calizo maduraron antes de tiempo por alguna razón desconocida, en tanto que otros cohombros que crecieron junto a una fábrica de cemento en actividad, se conservaron normalmente sanos aunque se hallaron expuestos al efecto de una capa de polvo de igual espesor."

Después de una serie de experiencias que duraron varios años, el profesor Ewert resume sus descubrimientos como sigue:

(1) El polvo de cemento o cal dificulta hasta cierto punto la acción de la luz solar y por consiguiente en condiciones normales retarda algo el proceso de asimilación de las hojas; sin embargo su favorable influencia sobre los resultados de la cosecha pesa mas considerablemente en su favor. Por otra parte ayuda a la planta en las épocas de sequía, cubriendo la cutícula de sus células epidérmicas y evitando una excesiva transpiración.

(2) Los poros con aberturas en forma de rendija de la parte superior de las hojas no quedan obturados por el polvo.

(3) No pudo comprobarse influencia alguna desfavorable sobre la fructificación de las flores por parte del polvo de cemento o de cal; el trigo no presentó señal alguna de alteración en su fructificación.

(4) Los polvos de cal y cemento protegen a las plantas cultivadas contra las pestes y parásitos criptogámicos en medida considerable.

(5) Gracias a su proporción de cal, el polvo dispersado por las fábricas de cemento favorece las condiciones agrícolas del terreno y la propagación de las bacterias útiles.

(6) La influencia del polvo de cal y de cemento es en general mas beneficiosa que perjudicial, cosa que queda asimismo comprobada por la experimentación.

#### Nueva fábrica de cemento en Siria.

El pedido para la maquinaria de la nueva fábrica de cemento de Siria fué pasado el mes de diciembre último a la Compañía MIAG (Mühlenbau und Industrie Aktien-gesellschaft), de Braunschweig.

La fundación de la nueva empresa se debe a la Société Nationale pour la Fabrication du Ciment et des Matériaux de Construction, de Damasco compañía completamente arábiga con un capital de 120.000 libras turcas oro equivalentes aproximadamente a unos 5.000.000 de pesetas.

No es ésta ya la primera empresa dedicada a la fabricación de cemento en Siria puesto que se está terminando casi la construcción de una fábrica de capacidad casi doble que la de la fábrica últimamente citada en las inmediaciones de Trípoli; esta fábrica de cemento es propiedad de una Compañía libano-francesa que ha encargado también a la MIAG la maquinaria para la misma, y sus instalaciones.

La nueva fábrica de Damasco será montada en las inmediaciones de la carretera de Beyruth, y colocará su producción principalmente en Damasco y en su comarca así como en las poblaciones situadas hacia el interior del país. La capacidad de producción será de 100 t. de cemento cada 24 horas, producidas con un horno rotatorio de vía seca. Como en esta parte de Oriente no existen combustibles, la compañía ha decidido emplear petróleo crudo en el horno rotatorio e instalar una caldera de recuperación de calor perdido en combinación con un turbo-generador para la producción de la potencia necesaria.

Las primeras materias se hallan inmediatas a la fábrica prometiendo dar un cemento de excelente calidad; la dirección técnica está en manos de europeos.

## El hormigón de clinker como forro refractario.

HEMOS recibido de D. C. Siedentopf la nota siguiente: La duración del forro refractario en la zona de clinkerización del horno rotatorio es siempre limitada, a causa de la alta temperatura reinante y de la acción química. Esto da por resultado que el coste de los forros refractarios constituya una proporción importante en el coste de producción del cemento.

Muchas fábricas de cemento, por consiguiente, utilizan un hormigón compuesto de su propio clinker y cemento, en lugar de los ladrillos de arcilla refractaria, adoptándose una mezcla en partes aproximadamente iguales de clinker de alta resistencia y cemento. Esta mezcla se trabaja en forma de una masa plástica por la adición de un 8% de agua, poco más o menos. Este tipo de forro posee las ventajas siguientes: el coste de producción es relativamente pequeño; puede prepararse sin necesidad de una instalación costosa; se puede aprovechar el material del forro viejo del horno; y se evitan las reacciones químicas entre el forro refractario y las materias que se cuecen en el horno.

No todos los clinkers ni todos los cements se adaptan a esta aplicación, así como tan sólo algunas contadísimas arcillas refractarias pueden satisfacer las duras condiciones de la zona de clinkerización. El hormigón de clinker solamente puede emplearse con ventaja si se obtiene de una mezcla cruda cuya temperatura de clinkerización sea suficientemente elevada, y cuyas temperaturas de clinkerización y fusión no estén demasiado próximas una a otra. Además, tan sólo debe ser empleado el clinker bien cocido, alto en cal (obtenido de primeras materias que contengan, cuando menos, un 78% de  $\text{CaCO}_3$ ). Esto se aplica también, naturalmente, al cemento empleado. Si se desea evitar malos resultados, debe efectuarse con el mayor cuidado en cada caso la selección del clinker y del cemento. Además, a fin de obtener una masa compacta y sin huecos, es necesaria una gran variedad en los tamaños de los granos, tamizando y separando las partículas gruesas del material, de más de 12 mm. de diámetro, y prensándolo a máquina. En determinadas circunstancias, puede ser conveniente cocer un clinker especial de alta dosis de cal, exclusivamente para la preparación de hormigón de clinker para el forro del horno.

El hormigón de clinker puede asimismo usarse con ventaja para el forro de los hornos verticales, siempre que sea alto en cal. Es necesario, no obstante, reducir el clinker del horno vertical a un tamaño adecuado antes de emplearlo.

El hormigón de clinker puede ser apisonado directamente dentro del horno, pero ésto requiere mucha mano de obra y puede no dar resultados bastante uniformes. Además, el horno debe permanecer sin servir por largo tiempo, mientras el hormigón se está secando.

Resulta mucho mejor moldear separadamente los ladrillos, dejarlos endurecer por espacio de algunas semanas, y colocarlos luego en el interior del horno para formar el forro. Colocado el forro de esta manera, el horno puede empezar a trabajar a las pocas horas, o todo lo más al día siguiente, sin riesgo de grietas ni averías.

Para asegurarse de que los ladrillos de forma de dovelas sean de densidad uniforme, existe actualmente una prensa mecánica, consistente en un mazo que cae libremente, y da un número determinado de golpes sobre la masa plástica. El mazo puede ajustarse para dar el número de golpes que convenga, y como trabaja automáticamente, cada ladrillo recibe el mismo número de golpes. Los moldes se construyen de modo que se adapten al diámetro del horno.